

**UNIVERSIDAD ANTONIO RUIZ DE MONTOYA**

Facultad de Ingeniería industrial



**DISEÑO DE REDISTRIBUCION DE PLANTA PARA INCREMENTAR  
LA PRODUCTIVIDAD OPERACIONAL EN LA EMPRESA  
HUMBOLDT PERU S.A. CALLAO**

Trabajo de Investigación para optar el Grado Académico de Bachiller en Ingeniería industrial

**OMAR ALBINO CONTEÑA QUISPE  
ROCÍO JANETH HUALLPA PONCE**

**Asesor**

**María Laban Salguero**

**Lima – Perú  
Enero de 2019**



## **DEDICATORIA**

A mi Familia, gracias.



## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, gracias a mi familia por apoyarme en cada decisión y proyecto.

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo principal determinar la influencia que tendría una correcta reubicación de las áreas de trabajo en los mantenimientos mecánico y eléctricos de grupos electrógenos, en la productividad del taller de Humboldt Perú, para lo cual se empleó la metodología de una distribución por proceso, seleccionando y analizando información para de esta manera, proponer una solución al problema encontrado en el taller.

Para identificar los principales problemas que afectan a la productividad de la empresa se utilizaron herramientas como la matriz factis, diagrama de Ishikawa, así como la aplicación de 5 porqués, se concluyó seleccionando la falta de organización del área, y la poca señalización. Con esta información, se diseñó la redistribución empleando la metodología de Muther, se definieron las nuevas áreas de mantenimiento y diagramas de operaciones en conjunto para obtener el diagrama de relaciones. Posteriormente, se aplicó una ponderación de los siguientes Factores, (inversión, tiempo de implementación, productividad y flexibilidad), para seleccionar la mejor alternativa entre redistribución de planta en un nuevo terreno o una redistribución de planta en el mismo lugar, de esta manera se eligió la mejor posible.

Con la propuesta de redistribución se estimó como resultado el incremento de la productividad del 12% mediante el indicador brechas y el tiempo medido en el diagrama de análisis de procesos. Finalmente se realizó la evaluación económica, en donde se determinó la viabilidad del proyecto, después de obtener un VAN económico de S/. 30,207.58 y un TIR económico del 52%, así como un VAN financiero de S/. 19,460.22 y un TIR financiero del 42%.

**Palabras clave:** redistribución, productividad, mantenimiento, economía.

## ABSTRACT

This research has a main objective to determine the influence that a correct relocation of the workshop areas would have on the mechanical and electrical maintenance of generators, and on the productivity of the Humboldt Peru business, for which the methodology used is a distribution by process, selecting and analyzing information to in this way, propose a solution to the problem found in the workshop.

To identify the main problems that affect the productivity of the company, tools like the matrix factis, Ishikawa diagram, as well as the application of 5 whys were used, it was concluded as chosen problems the lack of organization in the area, as well as the lack of signaling. With this information, the redistribution was designed under the guidelines of the Distribution Planning using the Muther methodology, the new maintenance areas and operations diagrams were defined together to obtain the relationship diagram. Subsequently, a weighting of the following Factors was applied (investment, implementation time, productivity and flexibility), to select the best alternative between plant redistribution in a new land or a redistribution of plant in the same place, in this way chose the best possible.

With the redistribution proposal, the 12% increase in productivity was estimated through the gaps indicator and the time measured in the process analysis diagram. Finally, the economic evaluation was carried out, where the viability of the project was determined, after obtaining an economic VAN of S /. 30,207.58 and an economic TIR of 52%, as well as a financial VAN of S /. 19,460.22 and a financial TIR of 42%.

**Keywords:** redistribution, productivity, maintenance, economy.

## TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE CONTENIDOS.....	6
ÍNDICE DE TABLAS .....	10
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
INTRODUCCIÓN .....	14
CAPÍTULO I: GENERALIDADES .....	15
1.1    Antecedentes de la empresa .....	15
1.1.1    Área de alquileres.....	16
1.1.2    Área de ventas .....	16
1.1.3    Área de mantenimiento .....	17
1.2    Determinación del problema de la investigación .....	17
1.3    Formulación del problema .....	18
1.4    Justificación de la investigación.....	19
1.5    Objetivo general de la investigación .....	20
1.6    Objetivos específicos de la investigación.....	20
1.7    Importancia y alcance de la investigación.....	20
1.7.1    Importancia.....	20
1.7.2    Alcances .....	20
1.8    Variables .....	21
1.8.1    Variables independientes.....	21
1.8.2    Variables dependientes.....	21
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL .....	22
2.1    Antecedentes de la investigación .....	22

2.2	Glosario de términos .....	25
2.3	Marco teórico .....	27
2.3.1	Grupos Electrógenos .....	27
2.3.2	Mejora de los Procesos.....	31
2.3.3	Tormenta de Ideas .....	31
2.3.4	Distribución de planta .....	32
2.3.5	Productividad .....	42
3.1	Visión .....	44
3.2	Misión .....	44
3.3	Valores .....	44
3.4	Políticas de la empresa .....	45
3.5	Análisis Externo .....	46
3.5.1	Factor Político .....	46
3.5.2	Factor Económico .....	46
3.5.3	Factor Tecnológico.....	47
3.5.4	Tamaño de mercado y Crecimiento.....	47
3.6	Análisis Interno .....	48
3.6.1	Análisis FODA.....	48
3.7	Objetivos Estratégicos.....	49
CAPÍTULO IV: DIAGNOSTICO GENERAL .....		50
4.1	Análisis del Proceso o Sistema Seleccionado .....	50
4.2	Caracterización del proceso o sistema.....	50
4.2.1	Inicio .....	52
4.2.2	Revisión.....	52
4.2.3	Mantenimiento .....	52
4.2.4	Mantenimiento preventivo .....	52
4.2.5	Mantenimiento correctivo .....	55
4.2.6	Mantenimiento Overhaul.....	57
4.2.7	Pruebas .....	57

4.2.8	Almacén 02 .....	57
4.3	Determinación de las brechas (Actual vs. Deseado) .....	57
4.4	Determinación de la Causa Raíz .....	59
4.5	Matriz de FACTIS.....	61
4.6	Aplicación de Los 5 porqués.....	64
CAPÍTULO V: DETERMINACIÓN DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN .....		66
5.1	Planteamiento de las propuestas de alternativas de solución.....	66
5.1.1	Redistribución de la Planta en un nuevo terreno .....	66
5.1.2	Redistribución de la Planta en el mismo lugar .....	66
5.2	Determinación y ponderación de criterios evaluación .....	66
5.3	Evaluación de las alternativas de solución .....	67
5.4	Selección de la alternativa de solución.....	68
CAPÍTULO VI: DESARROLLO Y PLANIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN .....		69
6.1	Determinación de objetivos y metas.....	69
6.2	Determinación de las actividades a realizar .....	70
6.3	Elaboración de Layout Propuesto.....	71
6.3.1	Tablero Origen Destino.....	71
6.4	Determinación de la necesidad de Recursos (Mat, Eq., etc) .....	78
6.5	Asignación de recursos a las actividades.....	79
6.6	Elaboración del presupuesto.....	80
6.7	Cronograma de la implementación.....	80
CAPITULO VII: EVALUACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....		83
7.1	Determinación de escenarios que afectarían la solución.....	83
7.1.1	Lay-out Actual.....	83
7.1.2	Lay-out Implementado: .....	86
7.2	Evaluación Beneficio - Costo de la solución.....	88
7.3	Costos de la Implementación .....	88

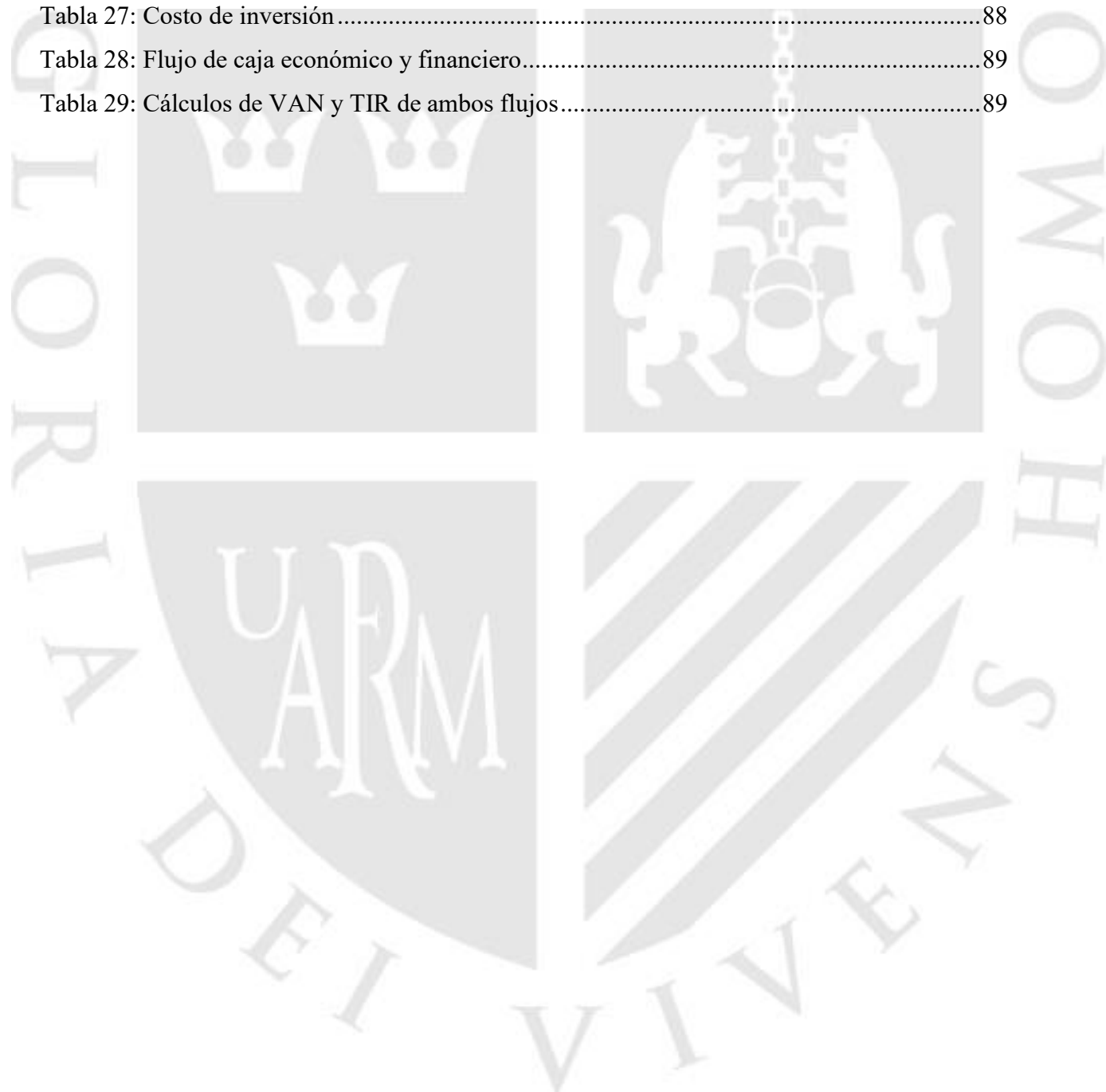


7.4	Análisis y Evaluación del impacto de Seguridad de la solución .....	90
CONCLUSIONES .....		91
Respecto al Proyecto .....		91
Respecto a la distribución de Planta .....		91
RECOMENDACIONES .....		93
Respecto al Proyecto .....		93
Respecto a la distribución de planta .....		93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		94
REFERENCIAS ELECTRÓNICAS .....		95

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Índice del marco teórico .....	27
Tabla 2: Análisis FODA .....	48
Tabla 3: Check list Inspección eléctrica .....	54
Tabla 4: Check list Inspección mecánica .....	55
Tabla 5: Productividad Operacional .....	59
Tabla 6: Criterios de selección FACTIS.....	61
Tabla 7: Ponderación de criterios .....	61
Tabla 8: Desarrollo de matriz FACTIS .....	62
Tabla 9: Cálculos de Matriz FACTIS .....	63
Tabla 10: Evaluación de alternativas.....	68
Tabla 11: Áreas de operaciones.....	71
Tabla 12: Secuencia de transportes por servicio.....	72
Tabla 13: Total de relaciones entre los servicios.....	72
Tabla 14: Diagrama de relaciones entre áreas .....	73
Tabla 15: Asignación de clase .....	73
Tabla 16: Asignación de Criterio de prioridades.....	74
Tabla 17: Asignación de ponderación por razón .....	75
Tabla 18: Identificación de áreas por metro cuadrado.....	75
Tabla 19 Diagrama Relacional de Actividades .....	76
Tabla 20: asignación de recursos.....	79
Tabla 21: Diagrama de Gantt.....	82
Tabla 22: Resumen de operaciones .....	84

Tabla 23: DAP de mantenimiento overhaul Actual.....	85
Tabla 24: Resumen de actividades de Layout implementado .....	86
Tabla 25: DAP de mantenimiento overhaul implementado .....	87
Tabla 26: evaluación del costo beneficio .....	88
Tabla 27: Costo de inversión .....	88
Tabla 28: Flujo de caja económico y financiero.....	89
Tabla 29: Cálculos de VAN y TIR de ambos flujos.....	89



## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Grupo electrógeno encapsulado .....	15
Ilustración 2: Grupo electrógeno .....	15
Ilustración 3: Diagrama de Ishikawa .....	32
Ilustración 4: Integración .....	34
Ilustración 5: Circulación de optimo flujo.....	35
Ilustración 6: Principio del espacio cubico .....	36
Ilustración 7: Flujo Orientado al proceso .....	38
Ilustración 8: Orientada al producto .....	39
Ilustración 9: orientada al producto .....	39
Ilustración 10: Clasificación de la disposición por volumen– variedad .....	41
Ilustración 11: Diagrama de operaciones General.....	51
Ilustración 12: Diagrama de operaciones del mantenimiento preventivo .....	53
Ilustración 13: Diagrama de operaciones del mantenimiento correctivo .....	56
Ilustración 14: Productividad Operacional .....	58
Ilustración 15: Productividad Operacional Mejorada.....	58
Ilustración 16: Grafico de productividad operacional .....	59
Ilustración 17: Diagrama de Ishikawa .....	60
Ilustración 18: grafico de Frecuencia .....	74
Ilustración 19: Simbología y color de diagrama relacional de actividades .....	77
Ilustración 20: Diagrama de cercanía .....	77
Ilustración 21: Diagrama relacional de espacios .....	78
Ilustración 22: Diagrama de Recorrido de un GE .....	83
Ilustración 23: Diagrama de Recorrido de un GE .....	86

GLORIA



OMHO



DEI

VIVENS

## INTRODUCCIÓN

En el Perú, el sector minero aporta el 14.3% del PBI nacional y 16.5% del sector industrial del PBI de acuerdo al reporte anual 2017 del INEI<sup>1</sup>. El Fondo Monetario Internacional (FMI) en su informe del Organismo Perspectivas Económicas Mundiales<sup>2</sup> prevé un crecimiento del 2.3% para el 2018. Esta expectativa de crecimiento se refleja en las aperturas de numerosos proyectos mineros a lo largo de todo el país.

Según el Marco Macroeconómico Multianual 2018 -2021<sup>3</sup>, entre los proyectos que contribuirán a una recuperación de la inversión minera en el Perú está el inicio de construcción de Mina Justa, que demandará una inversión total de US\$ 1,300 millones, y Michiquillay de US\$ 1,950 millones, el cual se adjudicaría en el segundo semestre del 2017, gracias a un contexto de mejora de la posición financiera de las empresas mineras de acuerdo al MEF.

Es por ello que esta tesis tiene el objetivo de mejorar el sistema productivo de la empresa Humboldt Perú.

---

<sup>1</sup> INEI 2017 de acuerdo a página web oficial.

<sup>2</sup> Informe world economic Outlook (WEO), reporte FMI página web oficial

<sup>3</sup> Informe presentado por el ministerio de economía y finanzas (MEF).

## CAPÍTULO I: GENERALIDADES

### 1.1 Antecedentes de la empresa

HUMBOLDT PERÚ S.A. cuenta con más de 35 años de experiencia en el rubro de suministro de energía eléctrica mediante el servicio de alquiler de grupos electrógenos. Suministran grupos electrógenos independientes hasta 2000 KW y como plantas generadoras hasta 10 MW

Los equipos con lo que trabajan son grupos electrógenos Caterpillar, contamos con equipos instalados dentro de contenedores, lo que facilita su transporte y manipuleo.

*Ilustración 2: Grupo electrógeno*



*Fuente: Google fotos*

*Ilustración 1: Grupo electrógeno encapsulado*



*Fuente: Humboldt Perú*

Los servicios que ofrecen son el arrendamiento, venta y mantenimiento de equipos generadores eléctricos.

### **1.1.1 Área de alquileres**

Cuentan con Grupos Electrógenos independientes desde 50 KW a 1800 KW, tipo abiertos, encapsulados, insonorizados; con remolque, estacionarios y plantas móviles de generación desde 1MW hasta 1.8 MW y 10 MW en sistema en paralelo, adecuadamente equipados para ser instalados en cualquier parte del país.

Alquiler de accesorios y equipos:

- Cables de BT y MT.
- Tanques de combustible.
- Transformadores de Potencia.
- Celdas MT Entrada-Salida.

### **1.1.2 Área de ventas**

Buscando brindar soluciones integrales para las distintas necesidades de sus clientes, han desarrollado el área de ventas, en el cual pueden encontrar:

-Venta de repuestos para reparación y mantenimiento de Grupos Electrógenos: Toberas DISA, AVR, Inyectores Alternativos, Módulos DEEP SEA ELECTRONICS, Repuestos para motores CAT marca McBee y otros.

- Transformadores de potencia.
- Celdas de MT Entrada y Salida.
- Tableros de Transferencia.
- Tableros de Sincronización.
- Cables de fuerza para BT y MT.



### **1.1.3 Área de mantenimiento**

Nuestra experiencia con Grupos Electrógenos Caterpillar, ha hecho de nuestra fuerza técnica, nuestro principal valor agregado, por ello estamos capacitados para brindar los siguientes servicios:

- Energía puesta en Barra con equipos de media tensión de 10KV y 22.9KV.
- Mantenimiento de Grupos Electrógenos.
- Reparación de Grupos Electrógenos.
- Automatización de Grupos Electrógenos.

## **1.2 Determinación del problema de la investigación**

A nivel mundial el crecimiento de las industrias manufactura y minería requieren de mayor confiabilidad en la entrega de sus productos y/o servicios; porque los volúmenes de producción y capitales son de costo elevado. Es por lo cual va de la mano con la necesidad de contar siempre con energía eléctrica para sus diferentes procesos.

En el Perú se encuentra actualmente en crecimiento a nivel industrial; por lo que las empresas que generan energía de manera convencional no se abastan para el consumo de todas las industrias; ello lleva a la creación de nuevas empresas, ampliación de las empresas y mejora de las ya existentes. Una de las empresas en crecimiento y con la necesidad de mejorar sus procesos es Humboldt Perú, por ello que requiere incrementar su productividad y redistribuir su área de trabajo.

### 1.3 Formulación del problema

En todo país desarrollado o en vías de desarrollo, la principal fuente de crecimiento económico es el incremento de la productividad, por ello la necesidad de estimular este crecimiento, siendo la pequeña y mediana empresa las que se presentan como una vía para la industrialización. Dentro de este sector de pequeñas y medianas empresas, el rubro de servicios de generación de energía es el que tiene las mayores posibilidades de crecimiento, por generar una contingencia energética ante una eventualidad y repotenciar la industria.

Sin embargo, en un mundo de competencia globalizada, muchos son los factores a tomar en cuenta para lograr altos niveles de productividad; la reducción de costos es la meta generalizada de las empresas que buscan cada vez más caminos hacia el incremento de sus ingresos y en las que es ya difícil lograr verdaderas ventajas competitivas. Los factores que conllevan a esta reducción de costos cuando se ha llegado a un máximo de estandarización, tienen que ver con el arreglo de la planta, pues se puede apreciar casos en los que la barrera para la mejora de métodos y estandarización de procesos es la disposición de máquinas, recursos y materiales.

La pregunta de investigación a considerar sería ¿Una adecuada distribución de la planta permitirá reducir los costos de operación e incremento de productividad operacional del taller de la empresa Humboldt?

Muchos son los variables que nos ayudarán a descubrir que existen problemas con la distribución de la planta: Congestión de materiales, demora en los despachos, áreas congestionadas, control de inventarios insuficientes, tiempo de movimiento de materiales elevado, máquinas paradas en espera de material a procesar, muchos accidentes, rotación de personal, etc. son sólo algunos de las señales que sin duda nos indicaran que existen problemas con la distribución.

## 1.4 Justificación de la investigación

“El movimiento de materiales que no agrega valor al producto cuesta en promedio entre el 20% y 50% del total de los costos de fabricación y que un eficiente layout puede ahorrar costos entre el 10 y el 30% de los costos totales, mejorando por ende la programación de la producción y la eficiencia” según Tompkins (1996)<sup>4</sup>

Los principales problemas en la distribución de planta surgen cuando estos son realizados sin demasiada importancia en un futuro crecimiento de la empresa, ignorando sus objetivos y metas a mediano y largo plazo, es así que solo se tiene actualmente una distribución con condiciones de inicio, lo que conlleva a gastos y pérdidas acumulativas que se hacen muy difíciles de detener, ya que el costo de cambiar una distribución establecida suele ser demasiado grande. Aquí radica la importancia de realizar un eficiente estudio de distribución en planta con un principal beneficiado: la empresa, además de sus trabajadores y clientes, incrementando sus niveles de productividad y permitiendo establecer una estructura de costos menor que le permitirá elevar su competitividad.

Si se realiza una correcta distribución en planta de la empresa Humboldt Perú, obtendrá diferentes mejoras, como menciona el siguiente autor: “La distribución en planta es un fundamento de la industria. Determina la eficiencia y en algunos casos, la supervivencia de una empresa” (Muther, Richard)<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> Facilities Planning, 2nd Edition, James A. Tompkins, 1996.

<sup>5</sup> Distribución en planta, Richard Muther, Página 13. 1970.

## **1.5 Objetivo general de la investigación**

Diseñar una distribución de planta para mejorar la productividad operacional en el taller de mantenimiento de grupos electrógenos.

## **1.6 Objetivos específicos de la investigación**

- Diseñar un lay-out de distribución adecuada
- Mejorar la productividad operacional en un 10%

## **1.7 Importancia y alcance de la investigación**

### **1.7.1 Importancia**

El diseño de distribución de planta es importante ya que por medio de ella se logra un adecuado orden y manejo de las áreas de trabajo y equipos, con el fin de minimizar tiempos, espacios, mano de obra y costos. Con ello se disminuiría los accidentes en las áreas de trabajos, incrementaría la productividad.

### **1.7.2 Alcances**

El proyecto en desarrollo tiene como alcance diseñar una distribución de planta para mejorar la productividad operacional que se llevará a cabo en el mismo lugar; ya que cuenta con un área de 1000 m<sup>2</sup>, el mismo número de personal y la misma flota de grupos electrógenos.

## **1.8 Variables**

### **1.8.1 Variables independientes**

La variable independiente se considera que es una variable autónoma; si se varia algo de esta se vería reflejado en las variables dependientes, en este caso la variable seria la distribución de planta.

### **1.8.2 Variables dependientes**

La variable dependiente es la que depende de otra variable; para este estudio se considerara la productividad operacional.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

### 2.1 Antecedentes de la investigación

El Diseño de Planta consiste en una actividad creativa para la generación de sistemas de producción. Por otra parte, el diseño de plantas es de vital importancia ya que por medio de ella se logra un adecuado orden y manejo de las áreas de trabajo y equipos, con el fin de minimizar tiempos, espacios, mano de obra y costos.

*Barón Muñoz, Danny Aurelio; Zapata Álvarez, Lina Mercedes (2012) realizaron un proyecto de grado sobre propuesta de redistribución de planta en una empresa del sector textil en Cali, Colombia.*

“El objetivo principal de este trabajo es brindar herramientas para mejorar el desempeño de las pequeñas empresas del sector textil en la ciudad de Cali, Colombia, dando alternativas para una redistribución de planta y así mejorar las 19 condiciones de trabajo y flujo de materiales, teniendo en cuenta todos los procesos para la producción de prendas en la empresa Nexxos Studio”.<sup>6</sup>

Se debe tener en cuenta que todas las empresas presentan necesidades distintas y las propuestas de distribución se basan en los diferentes propósitos para cubrir estas necesidades. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente esta investigación plantea la creación de un software que brinda propuestas de redistribución según las diferentes necesidades de cada empresa, pero este software no tiene en cuenta todos los

---

<sup>6</sup> Barón Muñoz, Danny Aurelio; Zapata Álvarez, Lina Mercedes (2012)

aspectos a tratar en una redistribución de planta; Es por eso que se debe evaluar qué aspectos no se tienen en cuenta para dar con una propuesta más acertada.

*Cesar Julio Collazos Valencia (2013), realizo un rediseño del sistema productivo utilizando técnicas de distribución de planta, en una planta procesadora de alimentos en Manizales, Colombia.*

“El autor indica que el trabajo busco elaborar una propuesta de rediseño de planta para una planta procesadora de alimentos, haciendo uso de las técnicas de distribución para encontrar una disposición factible que reduzca los costos de la operación a partir de la configuración inicial y por consiguiente mejore la eficiencia del proceso.

Dos métodos son empleados en el desarrollo de este trabajo, en primer lugar, la búsqueda de los datos y análisis de la información requerida son procesados con el denominado SLP (siglas en inglés de systematic layout planning), en seguida la generación de alternativas de distribución y posterior selección de la mejor opción es realizada con la aplicación de un algoritmo genético”.<sup>7</sup>

De acuerdo al análisis de este trabajo, podemos concluir en varios puntos: el principal, la distribución de planta utilizando algoritmos en el sistema SLP (Siglas en inglés de systematic layout planning) el cual mejoró el costo de la distribución inicial en un 32,62% con el primer algoritmo y en un 45,91% cuando es aplicado el segundo algoritmo, para distribuir las áreas de apoyo que se relacionan con algunos de los departamentos. Esto demuestra la eficiencia del algoritmo genético para encontrar en tiempo razonable y buenas soluciones para problemas de distribución de planta.

Es necesario precisar que las soluciones a problemas de distribución de planta no dependen únicamente del costo y tienen que revisarse desde el punto de vista de la funcionalidad de la solución encontrada aplicada a un caso real.

---

<sup>7</sup> Cesar Julio Collazos Valencia (2013)

Así mismo se observa en las diferentes referencias bibliográficas por un lado multiobjetivo que han propuesto métodos combinados para tratar el problema clásico de minimizar el costo de la distribución apoyándose en técnicas de análisis multicriterio para la toma de decisiones sobre los factores cualitativos requeridos para el diseño.

*Hari Prasad (2014), A Typical Manufacturing Plant Layout Design Using CRAFT Algorithm research, School of Mechanical and Building Sciences; VIT University; Tamil Nadu, INDIA.*

“In modern technological industrial era, the typical manufacturing plant consists of a large number of diversified activities interconnected as a unit with required communication facilities. The manufacturing plant layout area consists of various activity cells such as design office, manufacturing shops, assembly and inspection departments, administration and security locations etc.,

The fundamental goal of facility layout problem is to minimize the material flow costs by positioning the cells within stipulated area. The orientation and spatial coordinates of each cell is specified by FLP design and the orientation of each cell may be in horizontal or vertical position.”<sup>8</sup>

En este trabajo realizado por Prasad se calculan los costos tomando una matriz de distancias y circulación, la matriz de distancias es obtenida convirtiendo el diagrama de recorrido en un archivo de pasos e ingresado a un programa Java obteniendo así la matriz de distancias.

Este programa Java llamado CRAFT (relación computarizada de técnicas para locación) ha sido desarrollado para poder diseñar una distribución de planta optima considerando como se mencionó los circuitos de recorrido, en unidad de pasos, indica así mismo las diferentes aplicaciones para líneas orientadas a producto o ubicación fija.

---

<sup>8</sup> Hari Prasad (2014), A Typical Manufacturing Plant Layout Design Using CRAFT Algorithm research



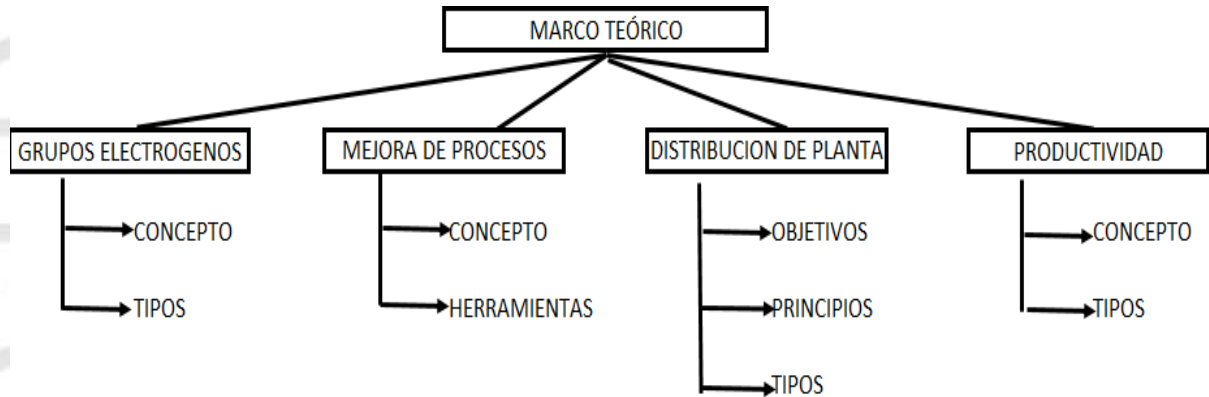
## 2.2 Glosario de términos

- **Redistribución:** Es un concepto relacionado con la disposición de las máquinas, los departamentos, las estaciones de trabajo, las áreas de almacenamiento, los pasillos y los espacios comunes dentro de una instalación productiva propuesta o ya existente.
- **Productividad:** Es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción.
- **Mantenimiento:** Es el aseguramiento de la disponibilidad y confiabilidad de las operaciones mediante un óptimo mantenimiento.
- **Economía:** Estudio de los recursos, la creación de riqueza y la producción, distribución y consumo de bienes y servicios, para satisfacer las necesidades humanas.
- **INEI:** Instituto Nacional de Estadística e Informática, es el Órgano Rector de los Sistemas Nacionales de Estadística e Informática en el Perú.
- **PBI:** Producto Bruto Interno, es un indicador que ayuda a medir el crecimiento de la producción de empresas de cada país dentro de su territorio
- **Grupo electrógeno:** Un grupo electrógeno es una máquina que mueve un generador eléctrico a través de un motor de combustión interna.
- **Lay-out:** suele utilizarse para nombrar al esquema de distribución de los elementos dentro un diseño.
- **Overhaul:** de motores podría ser traducido (en español) como una Reparación Mayor, Renovación o Reconstrucción del Motor
- **Insonorizado:** equipos con aislamiento acústico
- **SLP:** Sistema de planeamiento de distribución
- **Nafta:** un tipo de combustible usado en generadores eléctrico
- **Trifásico:** tensión eléctrica utilizado en operaciones mineras
- **PERT:** (Project Evaluation and Review Techniques), es un algoritmo basado en la teoría de redes diseñado para facilitar la planificación de proyectos.
- **PFT:** Productividad de factor total

- **Matriz Factis:** Es una herramienta para tomar decisiones en equipo, utilizando criterios ponderados y acordados.
- **VAN:** El valor actual neto, también conocido como valor actualizado neto o valor presente neto
- **TIR:** es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto.
- **Almacenaje:** Se refiere a la administración del espacio físico necesario para el mantenimiento de las existencias
- **Coste de Mantenimiento:** Corresponde al coste del mantenimiento útil del stock y que debe contemplar los costes financieros, seguros de roturas, obsolescencia, robo, deterioro, etc.
- **Costos Fijos:** Personal, Vigilancia y Seguridad, Cargas Fiscales, Mantenimiento del Almacén, Reparaciones del Almacén
- **Costos Variables:** Energía, Agua, Mantenimiento de Estanterías, Materiales de reposición
- **Stock:** Producto almacenado listo para ser vendido, distribuido o usado

## 2.3 Marco teórico

Tabla 1: Índice del marco teórico



*Fuente: Elaboración Propia*

### 2.3.1 Grupos Electrónicos

Un grupo electrógeno es una máquina que mueve un generador eléctrico a través de un motor de combustión interna. Son utilizados cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica de algún lugar, o cuando son frecuentes los cortes en el suministro eléctrico.<sup>9</sup>



*Fuente: Internet<sup>10</sup>*

<sup>9</sup> [https://es.wikipedia.org/wiki/Grupo\\_electr%C3%B3geno](https://es.wikipedia.org/wiki/Grupo_electr%C3%B3geno)

<sup>10</sup> [https://www.cat.com/es\\_MX/products/new/power-systems/electric-power-generation/diesel-generator-sets/18331799.html](https://www.cat.com/es_MX/products/new/power-systems/electric-power-generation/diesel-generator-sets/18331799.html)

Un grupo electrógeno consta de las siguientes partes:

- Motor.
- Regulación del motor
- Sistema eléctrico del motor.
- Sistema de refrigeración
- Alternador.
- Depósito de combustible y bancada.
- Aislamiento de la vibración.
- Silenciador y sistema de escape
- Sistema de control.
- Interruptor automático de salida.
- Otros accesorios instalables en un grupo electrógeno.

### 2.3.1.1 Tipo de Grupos Electrógenos

#### A. Según su motor

- Diésel: Son perfectos para potencias a partir de 5kW y para un uso frecuente durante periodos de tiempo largos.
- Gasolina: El más apropiado para la media potencia con una utilización habitual.
- Nafta: Los más baratos, hay que emplear una potencia dependiendo del uso que se le esté realizando. Por ejemplo, igual o por debajo de 2kW si se emplea regularmente o hasta 5kW si es más esporádico.

#### B. Según el tipo de tensión

- Trifásico: Es necesario para mantener en funcionamiento a los aparatos con este tipo de corriente que suelen ser motores grandes y de gran potencia.
- Monofásico: Es el adecuado para el resto de aparatos. Aunque los grupos electrógenos convencionales ya tiene incorporados un sistema trifásico de generación.

### C. Según tipo de arranque

- Manual: Para las potencias bajas es el más habitual y se puede realizar con o sin conmutador de carga. Es el más barato, pero más complicado ya que necesita de un experto en la conexión del aparato.
- Arranque eléctrico simple: Preferible para las potencias más altas y tan sólo se debe pulsar el botón de arranque.
- Arranque eléctrico automático: Este tipo de grupos electrógenos se debe configurar adecuadamente para soportar la carga máxima evitando una sobrecarga. Este tipo de arranque permite el empleo de un generador de menos potencia lo que abarata los costes.

#### 2.3.1.2 Grupos Electrógenos de Humboldt

Por ser una empresa que ofrece energía eléctrica de gran potencia; los grupos que utilizan son mayormente por su tipo de potencia y modo de arranque (En Totalidad de los equipos que utilizan son de la marca CATERPILLAR). A continuación, se detallará los tipos de equipos que tiene en su flota la empresa HUMBOLDT PERU.

❖ Por Tensión:

Tiene grupos electrógenos de 50Kw, 200Kw, 500Kw, 1Mw y 2 Mw.



❖ Por Modo de Arranque:

En la flota tiene equipos de arranque manual que para poder arrancar es un poco complicado realizarlo y sobre todo es peligroso, mientras que el arranque automático es más seguro y más fácil de hacerlo. Además, que ahora los grupos vienen incorporados de un módulo que lo hace más automático para el arranque.

▪ Modo Manual:



▪ Modo Automático:



### 2.3.2 Mejora de los Procesos

Ormachea (2012)<sup>11</sup> indica que para poder identificar las causas de un problema y definir cuáles son las principales se pueden aplicar las siguientes técnicas de análisis:

#### 2.3.3 Tormenta de Ideas

Busca generar una lista de ideas o problemas propuestos por un grupo de personas. De esta manera, se pueden identificar posibles soluciones de problemas y potenciales oportunidades de mejora. Su elaboración tiene las siguientes condiciones generales:

- El líder alienta la generación de ideas.
- Todos entienden el tema a tratar.
- Evitar críticas y/o alabanzas.
- Excluir personas ajenas al proceso o tema a tratar.
- Fijar un límite de tiempo (máximo 30 minutos).

##### 2.3.3.1 Matriz de priorización

Consiste en un cuadro de doble entrada en el que se califican problemas o aspectos en base a una serie de criterios determinados por lo involucrados. Sirve para comparar, priorizar y seleccionar problemas o aspectos sobre una base común de medición.

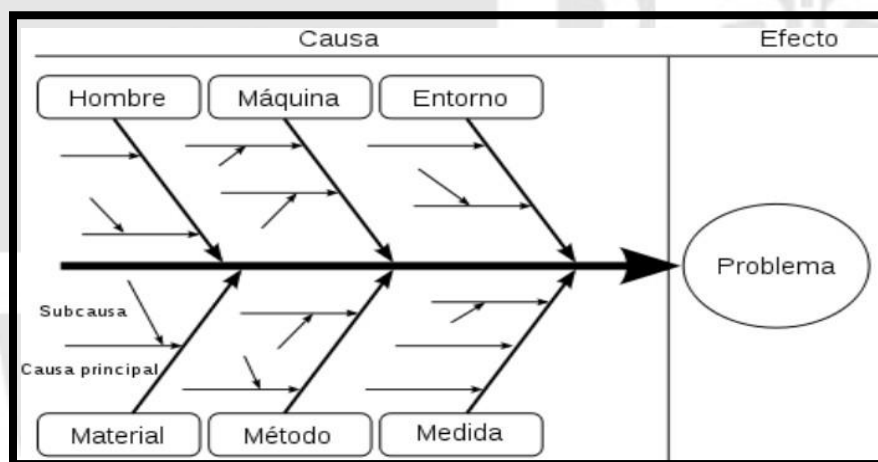
---

<sup>11</sup> Ormachea 2012, herramientas para el diagnóstico y mejora de procesos.

### 2.3.3.2 Diagrama Causa – Efecto (Ishikawa)

Herramienta gráfica de análisis que sirve para identificar las posibles causas de un problema. Su estructura consta de una cadena de causas y efectos que se grafican en un diagrama con forma de “espina de pescado” (Ver Figura 1). Cabe mencionar que se suele orientar la agrupación de las causas en base a seis factores principales: Material, Maquinaria, Métodos, Mano de obra, Medio ambiente y Métrica

*Ilustración 3: Diagrama de Ishikawa*



*Fuente: Google Fotos*

### 2.3.4 Distribución de planta

La distribución en planta se define como el ordenamiento físico de los elementos que constituyen una instalación. Ésta ordenación comprende los espacios necesarios para los movimientos, el almacenamiento, el personal y todas las actividades que tengan lugar en dicha instalación.

Una distribución en planta puede aplicarse en una instalación ya existente o en una proyección.



#### 2.3.4.1 Objetivos y ventajas de la distribución de planta

Según Muther (1997)<sup>12</sup>, la distribución de planta busca obtener una ordenación racional y económica de todos los elementos involucrados en la producción (procesos, equipos, personas, material, entre otros) bajo los siguientes objetivos y/o ventajas:

##### A. Objetivos

- Integración conjunta de todos los factores que afectan la distribución de planta
- Distancias mínimas para el movimiento de material
- Flujo óptimo del trabajo a través de la planta
- Utilización efectiva de todo el espacio cúbico
- Satisfacción y seguridad de los trabajadores
- Flexibilidad de ordenación para facilitar cualquier ajuste

##### B. Ventajas

- Incremento de la producción
- Disminución de los retrasos en la producción
- Determinación efectiva de la capacidad de producción de la empresa
- Ahorro de áreas ocupadas (Producción, almacenamiento y de servicios)
- Reducción del manejo de materiales
- Mayor utilización de la maquinaria, mano de obra y servicios
- Reducción del material en proceso
- Reducción del trabajo administrativo e indirecto en general
- Logro de una supervisión más fácil y mejor

---

<sup>12</sup> Muther (1997)- distribución de planta pg. (19-23)

- Reducción del riesgo para la salud y aumento de la seguridad de los trabajadores.
- Elevación de moral y satisfacción del obrero

#### 2.3.4.2 Principios de distribución de planta

Para tener una buena distribución de planta tienen que cumplirse los 6 principios básicos que a continuación según Muther se detallara:

##### A. Principio de la integración de conjunto

La mejor distribución es la que integra a los hombres, los materiales, la maquinaria, las actividades auxiliares, así como cualquier otro factor, de modo que resulte el compromiso mejor entre todas estas partes.

Una distribución en planta es la integración de toda la maquinaria e instalaciones en una gran unidad operativa, es decir, que, en cierto sentido, convierte la planta en una maquina No es suficiente conseguir una distribución que sea adecuada para los operarios directos. Debe ser también conveniente para el personal indirecto.

*Ilustración 4: Integración*



*Fuente: Google fotos*

## B. Principio de la mínima distancia recorrida

La Distribución nos permite que la distancia a recorrer por el material y personal entre operaciones sean las más cortas. Todo proceso industrial implica movimiento de material y personal; por más que deseemos eliminarlo no podremos conseguirlo.

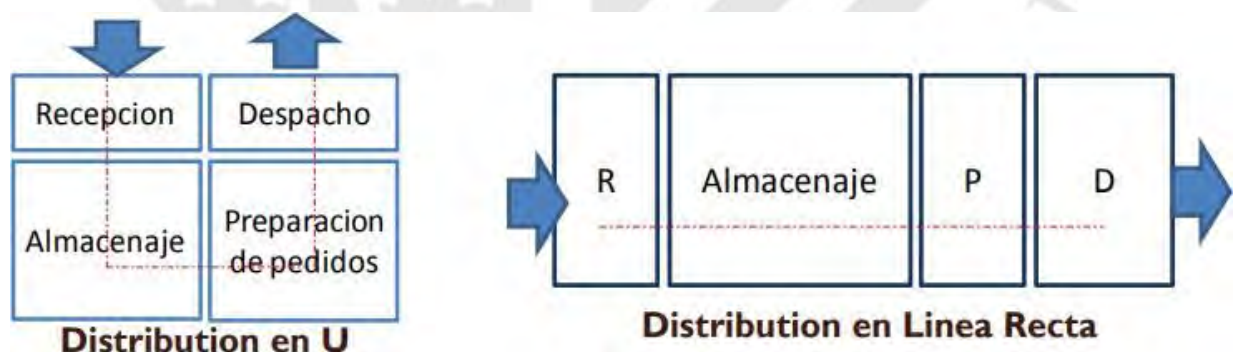
Para trasladar el material o que se traslade el personal implica que todas las operaciones tienen que estar en secuencia inmediatamente adyacentes unas a otras; de este modo eliminaremos el transporte entre los materiales, puesto que cada una descargara el material en el punto en que la siguiente lo recoge.

## C. Principios de la circulación o flujo de materiales

En igualdad de condiciones, es mejor aquella Distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transforman los materiales. Este es un complemento del principio de la mínima distancia recorrida, significa que el material se moverá progresivamente de cada operación o proceso al siguiente, hasta que termine su recorrido.

Este principio no implica que el material tenga que desplazarse siempre en línea recta, ni limita tampoco el movimiento a una sola dirección.

*Ilustración 5: Circulación de optimo flujo*



*Fuente: Google Fotos*

#### **D. Principio del espacio cubico**

La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en vertical como en horizontal. Básicamente, una Distribución es la ordenación del espacio, esto es: la ordenación de los diversos espacios ocupados por los hombres, material, maquinaria, y los servicios auxiliares. Todos ellos tienen tres dimensiones.

*Ilustración 6: Principio del espacio cubico*



*Fuente: Google Fotos*

#### **E. Principio de la satisfacción y de la seguridad.**

A igualdad de condiciones, será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para todos. La satisfacción del operario es un factor importante.

Si el trabajo sea realizado con satisfacción, automáticamente, conseguirás muchos otros beneficios; nos proporcionara costos de operación más reducidos y una mejor moral de los empleados. La seguridad es un factor de gran importancia en la mayor parte de las distribuciones, y vital en algunas.

#### **F. Principio de la flexibilidad**

A igualdad de condiciones, siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada, con menos costo o inconvenientes. Este objetivo se va haciendo más y más importante día a día. A medida que los descubrimientos científicos, las comunicaciones, los transportes, etc., evolucionan con mayor rapidez, exigen de la industria que les siga en el ritmo de su avance.

Ello implica cambios frecuentes, ya sea en el diseño del producto, proceso, equipo, producción, o fechas de entrega. Las plantas pierden, a menudo, pedidos de los clientes a causa de que no pueden readaptar sus medios de producción con suficiente rapidez.

#### **2.3.4.3 Tipos de distribución de planta**

Adicionalmente, Muther (1997) explica que los tipos de distribución se basan en el análisis del movimiento de los tres principales elementos de producción: material, hombre, máquina o sus combinaciones, obteniendo así, tipos de distribución que enfatizan su planteamiento de distribución según un flujo específico, estos tipos son los siguientes:

##### **A. Orientada al proceso**

Se aplica cuando se fabrican diversos productos, la maquinaria no es de fácil movilización y se busca darle mayor uso. Existen altas variaciones en los tiempos requeridos para cada una de las operaciones y/o la demanda de productos es intermitente o pequeña. Obteniendo una distribución donde las operaciones y equipos que realizan una misma actividad se encuentran agrupados y los productos que necesiten de ellos pasan por dicha área específica, lo que ofrece ventajas como distribución flexible y recursos de propósito general, pero con la dificultad de altos tiempos de proceso, altos manipuleos de materiales, requerimientos de mayor espacio y necesidad de un mejor planeamiento de la producción.

Ilustración 7: Flujo Orientado al



Fuente: Distribución de planta Internet

13

## B. Orientada al producto

La distribución física está basada en el flujo del producto, donde los recursos necesarios están ordenados según dicha secuencia de operaciones.

Está orientada a la producción de grandes volúmenes y poca variedad productos, con un diseño normalizado y demanda razonablemente estable, por ejemplo, líneas de fabricación y ensamble.

Su utilización conlleva a las siguientes ventajas:

- Menor tiempo de manipulación de materiales
- Menores inventarios (finales y en proceso)
- Reducción del tiempo de fabricación
- Mayor especialización del personal

Y desventajas como menor flexibilidad para el producto y proceso, mayor tiempo para programación y balance y vulnerabilidad frente a fallas de elementos productivos

<sup>13</sup> <https://es.slideshare.net/bemaguali/distribucion-de-planta>



*Ilustración 8: Orientada al producto*

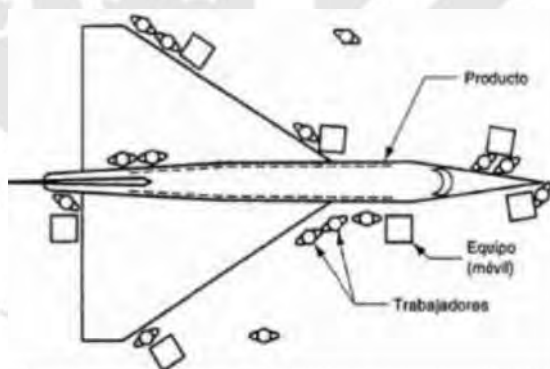


*Fuente: Google fotos*

### **C. Posición fija**

Diseñada para una producción unitaria, usualmente a pedido cuyas operaciones de transformación se realizan con el componente estacionado y los trabajadores y equipos se desplazan alrededor de él. Generar inconvenientes con el abastecimiento y utilización de los recursos para lo cual es necesario aplicar técnicas de programación (redes PERT/CPM), a su vez, presenta facilidades para la asignación de labores al personal y su posterior evaluación y, también, la adaptabilidad a cambios de la secuencia operativa.

*Ilustración 9: orientada al producto*



*Fuente: Internet<sup>14</sup>*

<sup>14</sup> [http://images.slideplayer.es/3/1078086/slides/slide\\_49.jpg](http://images.slideplayer.es/3/1078086/slides/slide_49.jpg) (noviembre, 2015)

#### **D. Por celdas de fabricación**

Caracterizado por trabajar con piezas de volumen y variedad medianos en familias de productos con diseños similares, donde las máquinas, personal y herramientas entre otros elementos necesarios para realizar una pieza se agrupan en una celda.

El número de máquinas es mayor al de operarios, de modo tal que cada operario debe dominar varios tipos de operación por lo que la efectividad del trabajo depende del factor humano. Sus principales ventajas son:

- Mínimo stock en proceso
- Menor tiempo total de fabricación
- Clara asignación y evaluación de responsabilidades
- Satisfacción e integración del personal
- Autonomía y flexibilidad

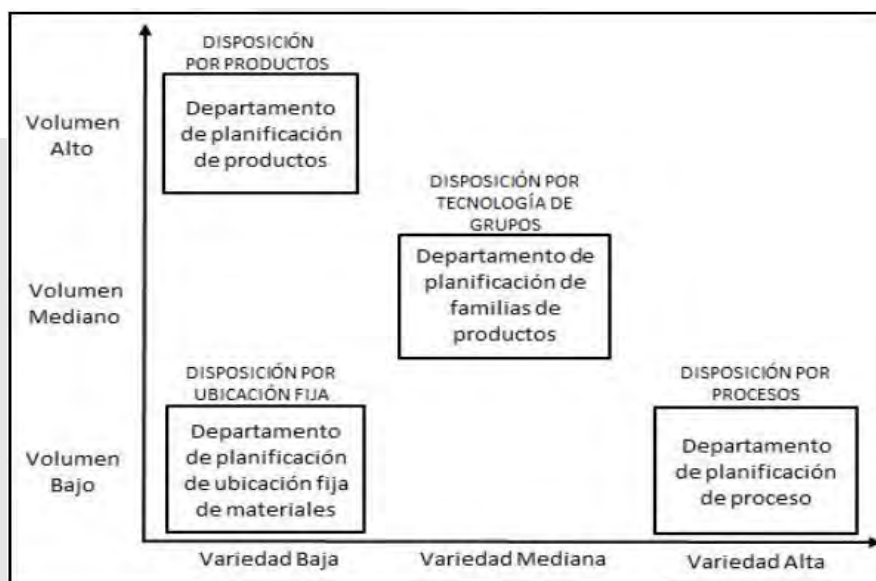
Y sus desventajas son:

- Menor utilización de la maquinaria
- Mayor necesidad de programación

A continuación, se presenta la Figura donde se observa en forma más específica cual sería la distribución adecuada según factores de variedad y volumen de los productos



*Ilustración 10: Clasificación de la disposición por volumen– variedad*



*Fuente: Bozer, Tanchoco, Tompkins y White (2006)*

### 2.3.5 Productividad

<sup>15</sup>Según el diccionario, la productividad es un concepto que describe la capacidad o el nivel de producción por unidad de superficies de tierras cultivadas, de trabajo o de equipos industriales. De acuerdo a la perspectiva con la que se analice este término puede hacer referencia a diversas cosas, aquí presentamos algunas posibles definiciones.

<sup>16</sup>En el campo de la economía, se entiende por productividad al vínculo que existe entre lo que se ha producido y los medios que se han empleado para conseguirlo (mano de obra, materiales, energía, etc.). La productividad suele estar asociada a la eficiencia y al tiempo: cuanto menos tiempo se invierta en lograr el resultado anhelado, mayor será el carácter productivo del sistema.

#### 2.3.5.1 Tipos de Productividad

Existen varios tipos de productividad, aunque sean diferentes unos de otros, deben dárseles uso dentro de la empresa y aprender a emplearlos de manera óptima, pues, serán de gran ayuda para el desempeño de la industria, de ésta manera podrás alcanzar el éxito.

##### **Productividad laboral**

Se le conoce también por el nombre de productividad por hora trabajada, que se define a su vez como la disminución o aumento del rendimiento para la elaboración del producto en función del tiempo de trabajo para el producto final.

---

<sup>15</sup> La Real Academia Española (RAE)

<sup>16</sup> <https://definicion.de/productividad/>

### **A. Productividad parcial**

Los factores que influyen en ésta categoría son la cantidad producida con el uso de un solo tipo de insumo.

### **B. Productividad de factor total**

Se le conoce también por sus siglas PFT. En este tipo de productividad se tiene en cuenta la cantidad de producción, pero a diferencia de la anterior, para ésta se utilizan diferentes medios para realizar dicha labor.

### **C. Productividad marginal**

También se le conoce como Producto Marginal del Insumo y se trata del producto adicional que puede ser fabricado, debido a la unidad adicional de un insumo, mientras que el resto de los insumos permanecen concentrados en una misma labor.

### **D. Productividad total**

Este permite conocer cuál ha sido la productividad a escala total en la industria de cada uno de los insumos, así como también la cantidad que ha sido producida. A través del conteo total se puede conocer si ha habido aumento o disminución en la producción común de la empresa y qué cambios o mejoras ha experimentado la producción durante el proceso.

## **CAPÍTULO III**

### **Análisis Estratégico**

#### **3.1 Visión**

Posicionarnos en el mercado a la par con las empresas líderes en nuestro rubro, brindando un servicio confiable y seguro:

Con equipos modernos, de la mejor tecnología, económicos y que se ajusten a las necesidades del cliente.

Con personal altamente calificado y comprometido con la empresa.

Ampliando nuestra flota de alquiler de equipos hasta 20 MW.

#### **3.2 Misión**

Atender la necesidad de energía temporal de todo tipo de empresas a nivel nacional, como industrias, mineras, constructoras, pesqueras, de servicios públicos, telecomunicaciones entre otras, mediante el alquiler de grupos electrógenos diésel, brindando un servicio de calidad, puntual y con valor agregado.

Contribuir al desarrollo del país: Utilizando tecnología de punta, generando nuevos puestos de trabajo, capacitando a nuestro personal, alentando el crecimiento de la empresa e incrementando los ingresos de nuestros accionistas y trabajadores, para brindar una mejor calidad de vida.

#### **3.3 Valores**

- Puntualidad
- Honestidad
- Responsabilidad

- Trabajo en equipo
- Respeto
- Espíritu de Servicio
- Comunicación Permanente

Nuestra experiencia con Grupos Electrógenos Caterpillar, ha hecho de nuestra fuerza técnica, nuestro principal valor agregado, por ello estamos capacitados para brindar los siguientes servicios:

- Energía puesta en Barra con equipos de media tensión de 10KV y 22.9KV.
- Servicio de Operación de Centrales Térmicas de Generación.
- Mantenimiento de Grupos Electrógenos.
- Reparación de Grupos Electrógenos.
- Automatización de Grupos Electrógenos.

### **3.4 Políticas de la empresa**

- Humboldt Perú mejorará continuamente su rentabilidad para asegurar su permanencia en el negocio y aumentar la satisfacción de sus colaboradores.
- Estructura administrativa ambiental. Para llevar a cabo nuestro negocio que proteja el medio ambiente se organiza la estructura administrativa medioambiental.
- Mejora continua y prevención contra la contaminación. mejorar continuamente la calidad de sus actividades de protección del medio ambiente y prevenir la contaminación.
- Realizar una gestión de manera coherente y proactiva
- Valorar la cultura corporativa, animando a cada individuo a realizarse al máximo nivel.<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> La empresa Humboldt Perú no cuenta con políticas de calidad por lo que se redactan las siguientes políticas de acuerdo a su línea de servicio.

### **3.5 Análisis Externo**

El objetivo de esta sección es dar una mirada breve a cerca de las presentes condiciones macroeconómicas que podrían influenciar el nivel de actividad del sector de renta y mantenimiento de equipos generadores de electricidad, en general el mercado de energía tiene un importante crecimiento no solo nacional sino a nivel mundial entre las grandes empresas mineras y de manufactura, lo cual hace necesario el entendimiento de variables económicas fundamentales para discutir los factores claves y las tendencias del mercado.

#### **3.5.1 Factor Político**

El sector energético crecerá un 5,5% este año, por encima del promedio de la economía<sup>18</sup>, así mismo de acuerdo a la política energética nacional del Perú 2010-2040<sup>19</sup> se está promoviendo la eficiencia energética y el desarrollo de energías renovables a nivel local, regional y nacional Impulsando el desarrollo y uso de energías limpias y de tecnologías con bajas emisiones contaminantes y que eviten la biodegradación de los recursos, basados en la construcción de estos proyectos estamos ante la necesidad de contar con fuentes de energía de respaldo que aseguren dicha transición.

#### **3.5.2 Factor Económico**

El crecimiento de la demanda energética y de la oferta es una variable crítica en el desarrollo de un país ya que la oferta debe anticipar a la demanda si esperamos que la economía pueda crecer. En el caso peruano la constante durante las dos últimas décadas fue la duplicación de la oferta energética cada 10 años, resultado que se dio en virtud de una participación activa en el desarrollo de la infraestructura tanto por parte del Estado como de los inversionistas.

El Plan Energético Nacional 2014-2025<sup>20</sup> considera para dicho período inversiones en el sector energía de US\$ 50,000 millones y para el subsector electricidad de US\$ 9,000 millones. Debemos estar preparados para nuevamente duplicar los

---

<sup>18</sup> Perú TOP Publications

<sup>19</sup> Política energética nacional del Perú 2010-2040

<sup>20</sup> Plan energético nacional 2014-2025

requerimientos de demanda eléctrica y alcanzar la meta del 60% de producción con fuentes renovables.

### **3.5.3 Factor Tecnológico**

La innovación se ha convertido en un eje estratégico para la optimización de las operaciones de diversas industrias. En nuestro sector de generación eléctrica encontramos equipos más automatizados y con un nivel de sonorización cada vez más bajo, estas alternativas tecnológicas requieren de un nivel de inversión mayor y continua para mantenerse con innovaciones tecnológicas a nivel mundial.

### **3.5.4 Tamaño de mercado y Crecimiento**

El mercado del grupo electrógeno es complejo, y está segmentado según las aplicaciones de su uso final, como: venta, alquiler y servicio de mantenimiento, Sin embargo, en particular, en el caso del alquiler de grupos electrógenos (dada la demanda energética de forma eventual), viene fuertemente impulsado por aspectos tales como la eficiencia de los motores en el consumo de combustibles y de bajas emisiones de gases, una gran parte del mercado del sector de maquinaria de alquiler, (sector actualmente en periodo de crecimiento) como son: empresas mineras, empresas de restauración y mantenimiento de plantas industriales, entre otros, demanda equipos cada vez más silenciosos, equipos con bajas emisiones de gases reguladas por estrictas normativas, equipos controlados en todo momento y equipos con máxima fiabilidad en la prestación de su servicio.

Es así que Humboldt Perú con 35 años en el mercado de alquiler y servicio de mantenimiento posee una cartera de clientes fidelizados con la meta de alcanzar una mayor participación en el mercado actual para consolidarse y brindar un mejor servicio a sus clientes y colaboradores.

### 3.6 Análisis Interno

#### 3.6.1 Análisis FODA

Tabla 2: Análisis FODA

<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El personal de la empresa es capacitado constantemente.</li> <li>▪ Fomentamos del desarrollo productivo a través de la electrificación.</li> <li>▪ Rápida respuesta ante una eventualidad de falla.</li> <li>▪ Visitas técnicas previas a licitaciones en la industria.</li> <li>▪ Disponibilidad de operadores capacitados por contrato.</li> <li>▪ Capacidad de programación de equipos en paralelo hasta 10 MW.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alta demanda en zonas fuera de cobertura de empresas eléctricas.</li> <li>▪ Poca ampliación de la cobertura eléctrica en el país hace necesario el uso de generadores eléctricos.</li> <li>▪ Políticas nacionales que promueven la inversión.</li> <li>▪ Desarrollo de nuevos mercados para el servicio de asesoría, mantenimiento y reparación de generadores eléctricos.</li> <li>▪ Crecimiento del sector minero para perforaciones en mina.</li> </ul>
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No contar con generadores altamente eficientes y de arranque automático.</li> <li>▪ Falta de certificación de Límites Máximos Permisibles de emisiones contaminantes</li> <li>▪ No contar con maquinaria para el transporte interno.</li> <li>▪ Movimientos altos para la reparación de los generadores</li> <li>▪ Falta de control de inventarios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ampliación de empresas existentes</li> <li>▪ Aumento de la competencia en el mercado de alquiler de equipos electrógenos.</li> <li>▪ Falta de confiabilidad en la entrega de licitaciones en nuevos proyectos.</li> <li>▪ Alta competitividad en precios con empresas pioneras.</li> </ul>

Fuente: Elaboración Propia.



### 3.7 Objetivos Estratégicos

- Tener mayor participación en el mercado sin perder la calidad en el servicio con un personal altamente calificado; por lo menos el 12% con respecto al 2017.
- La empresa dentro de sus objetivos estratégicos plantea incrementar su productividad con respecto al año anterior, pero no tiene determinado el valor meta; por ello calculamos el valor en un 12%.

## **CAPÍTULO IV: DIAGNOSTICO GENERAL**

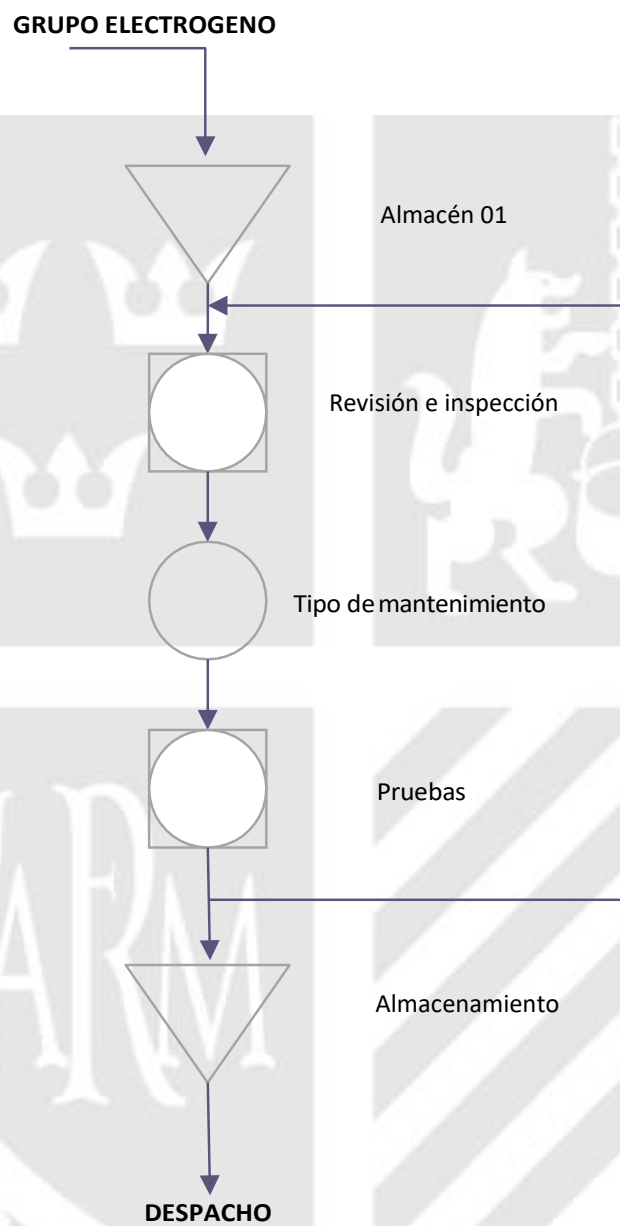
### **4.1 Análisis del Proceso o Sistema Seleccionado**

A continuación, se detallará los procesos operacionales del taller de la empresa Humboldt Perú que nos servirán para el estudio en el incremento de la productividad mediante una distribución de planta, donde se tomara en cuenta todas las áreas, materiales y equipos.

### **4.2 Caracterización del proceso o sistema**

El siguiente diagrama del proceso muestra desde la llegada del grupo electrógeno al taller para darle un mantenimiento adecuado para luego ser distribuidos (alquilados).

Ilustración 11: Diagrama de operaciones General



Fuente: Elaboración propia.

#### **4.2.1 Inicio**

Llegada del grupo electrógeno al taller.

#### **4.2.2 Revisión**

Es donde se inspecciona el estado actual de cada grupo electrógeno y se analiza que tipo de mantenimiento se realizara.

#### **4.2.3 Mantenimiento**

Hay 3 tipos de mantenimiento que se realizan el mantenimiento preventivo, correctivo y overhaul. Y cada uno tiene sus propias secuencias de trabajos, que se especificaran a continuación:

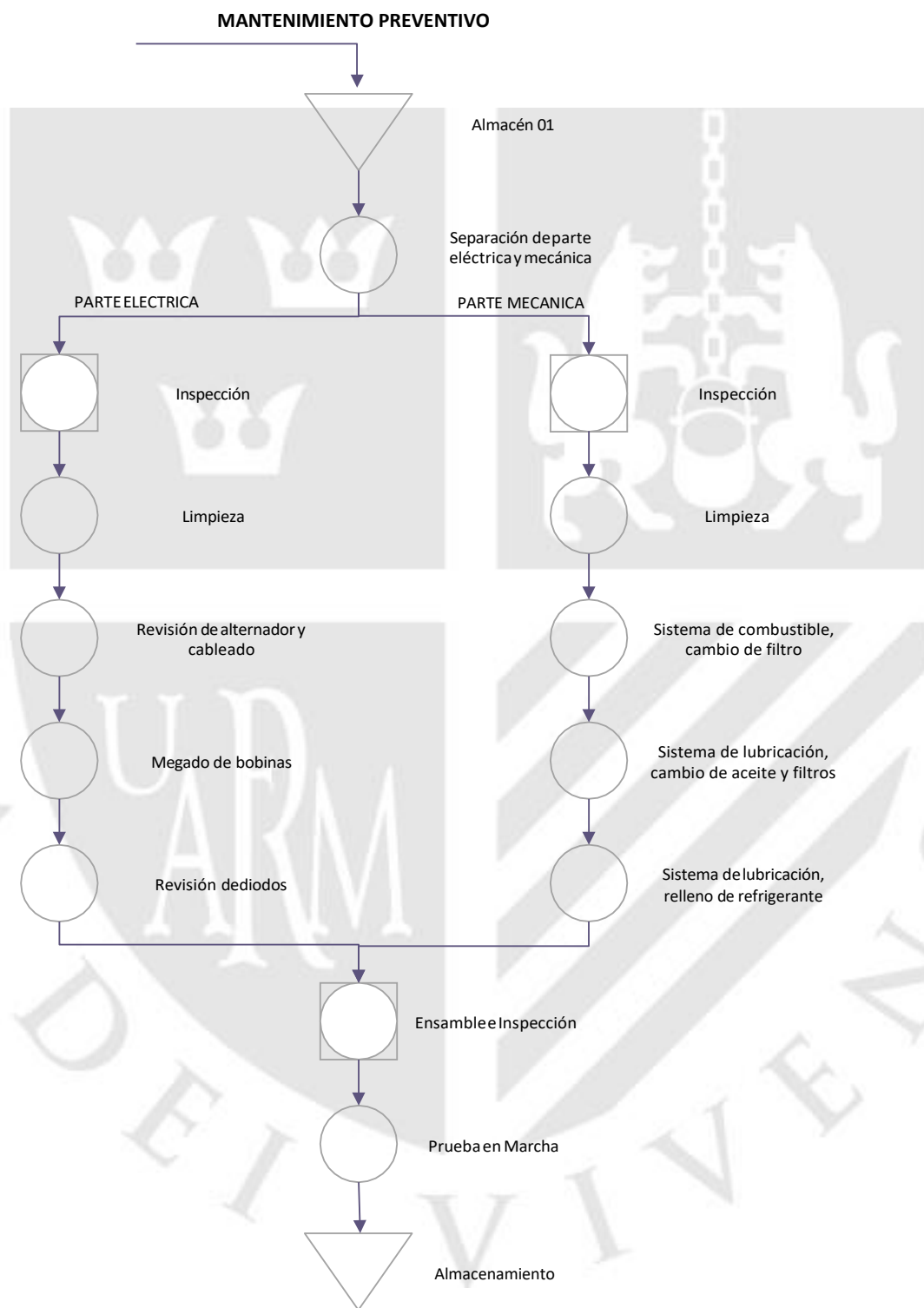
#### **4.2.4 Mantenimiento preventivo**

Con este tipo de mantenimiento lo que se busca es detectar las posibles fallas o problemas que presente el grupo electrógeno, y corregirlas oportunamente para evitar daños mayores, y no llegar a un mantenimiento correctivo.

Es muy usual que el mantenimiento se realice utilizando una lista de chequeo. Esto permitirá que inspecciones todas y cada una de las partes que debes revisar, sin dejar alguna de lado. Así mismo, te permitirá realizar el mantenimiento de forma ordenada y oportuna, ya que cada pieza o componente del equipo requiere de una revisión constante, y poseen periodos de chequeo distintos.

A continuación, se detallará la lista de chequeo para el mantenimiento del grupo electrógeno:

Ilustración 12: Diagrama de operaciones del mantenimiento preventivo



Fuente elaboración propia

*Tabla 3: Check list Inspección eléctrica*

Check list de Inspección Eléctrica:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza externa del equipo</li> <li>• Comprobar ventilación y calentamiento</li> <li>• Observar ruidos anormales, vibraciones, roces, etc.</li> <li>• Observar estado de cojinetes y nivel de lubricación</li> <li>• Comprobar carga</li> <li>• Limpieza interior</li> <li>• Observar detalladamente las escobillas (reemplazar si es necesario)</li> <li>• Comprobar superficie del colector y sus conexiones</li> <li>• Comprobar entre-hierros y devanados</li> <li>• Probar resistencia de aislamiento y puesta a tierra</li> <li>• Cambiar y limpiar conductos de ventilación</li> <li>• Comprobar equilibrio del rotor</li> </ul>

*Fuente: Humboldt Perú*

Cada generador eléctrico incluye las indicaciones de mantenimiento, las cuales recomendamos leer detenidamente en el manual de instrucciones o aplicativo de uso. Sin embargo, describiremos los aspectos más relevantes para el buen mantenimiento del motor de un generador eléctrico.

Tabla 4: Check list Inspección mecánica

**Check list Parte Mecánica**

- Limpieza externa del equipo
- Verificar el nivel de aceite
- Cambio de aceite y filtros de aceite
- Inspección y cambio del filtro del aire
- Verificación y ajuste de correas de elementos auxiliares
- Inspección del sistema de refrigeración
- Sustitución o limpieza del filtro de combustible

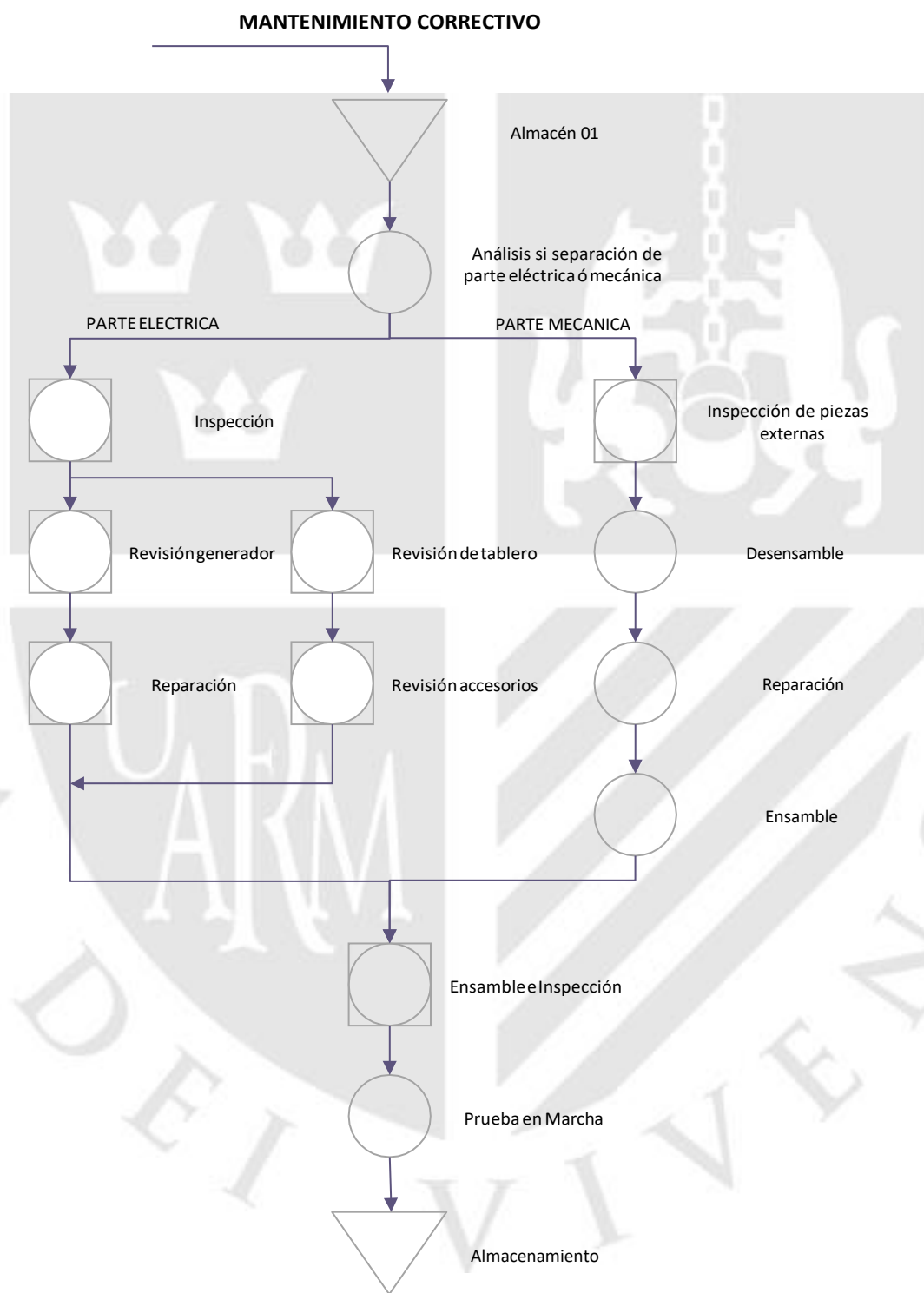
*Fuente: Humboldt Perú*

#### **4.2.5 Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo se da cuando el equipo ha fallado y es necesario corregir una o más partes de la maquinaria para que esta pueda volver a funcionar. Por lo general es más costoso este mantenimiento a tal grado que no siempre es viable realizarlo (costos).

El mantenimiento correctivo es algo a lo que no se desea llegar finalmente pues en caso de fallo se puede poner en riesgo la seguridad de los usuarios.

Ilustración 13: Diagrama de operaciones del mantenimiento correctivo



Fuente: Elaboración propia



#### **42.6 Mantenimiento Overhaul**

El mantenimiento overhaul se realiza cada 15000 horas de trabajo de un grupo electrógeno, para realizar este mantenimiento toma mucho tiempo ya que se tiene que desmantelar todo y examinar pieza por pieza, para ver que se puede seguir utilizando o ser cambiado por completo.

#### **42.7 Pruebas**

Se realizan pruebas en arranque por 15 minutos, donde se verifica todos los parámetros como voltaje, corriente, presión, temperatura, potencia entre otros. Si se verifica que está en óptimas condiciones se reserva. De lo contrario nuevamente se tiene que hacer unas evaluaciones y tomar una medida de acción.

#### **42.8 Almacén 02**

Es donde se ubican todos los grupos electrógenos que estén listos.

#### **4.3 Determinación de las brechas (Actual vs. Deseado)**

La empresa se plantea incrementar la productividad para el año 2018, teniendo en cuenta los datos de los 06 primeros meses del 2017

Ilustración 14: Productividad Operacional



MANTENIMIENTOS PLANEADOS						
Mantto/Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Preventivo	3	2	4	2	3	2
Correctivo	6	5	7	6	7	5
Overhaul	1		1	1	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>8</b>

MANTENIMIENTOS REALES						
Mantto/Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Preventivo	2	1	2	2	2	2
Correctivo	4	4	5	4	5	3
Overhaul	1		1		1	1
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>6</b>

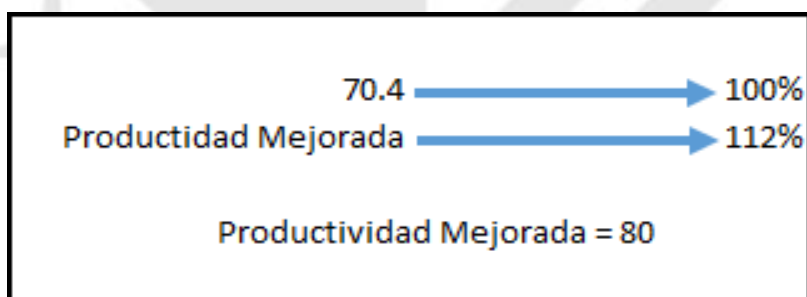
#### RESUMEN

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	
PRODUCTIVIDAD	70.0	71	67	67	73	75.0	70

Fuente: Humboldt Perú

Según los objetivos planteados la productividad tiene que incrementar en un 12% respecto al año anterior; por lo tanto, se realiza los cálculos de productividad para lo mejorado seria:

Ilustración 15: Productividad Operacional Mejorada



Fuente: Humboldt Perú

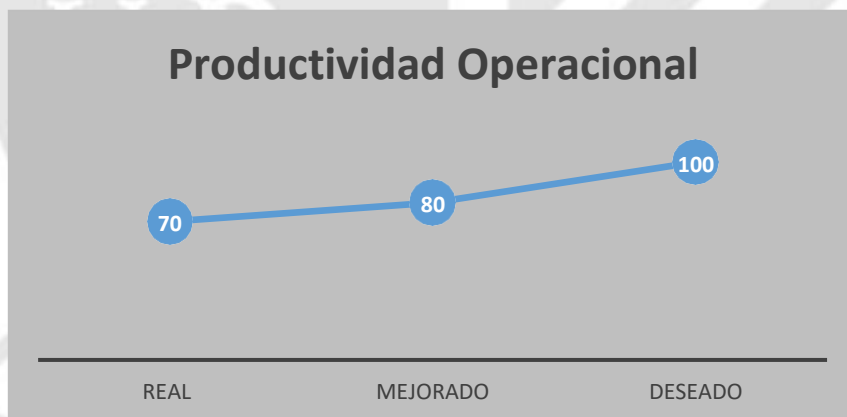
Según la ilustración 17, la brecha entre lo real y lo mejorado es de 70 a 80, de la productividad operacional que estamos buscando, pero aun así no llegamos al deseado que es un 100%.

*Tabla 5: Productividad Operacional*

Productividad Operacional	
REAL	70
MEJORADO	80
DESEADO	100

*Fuente: Elaboración propia.*

*Ilustración 16: Grafico de productividad operacional*

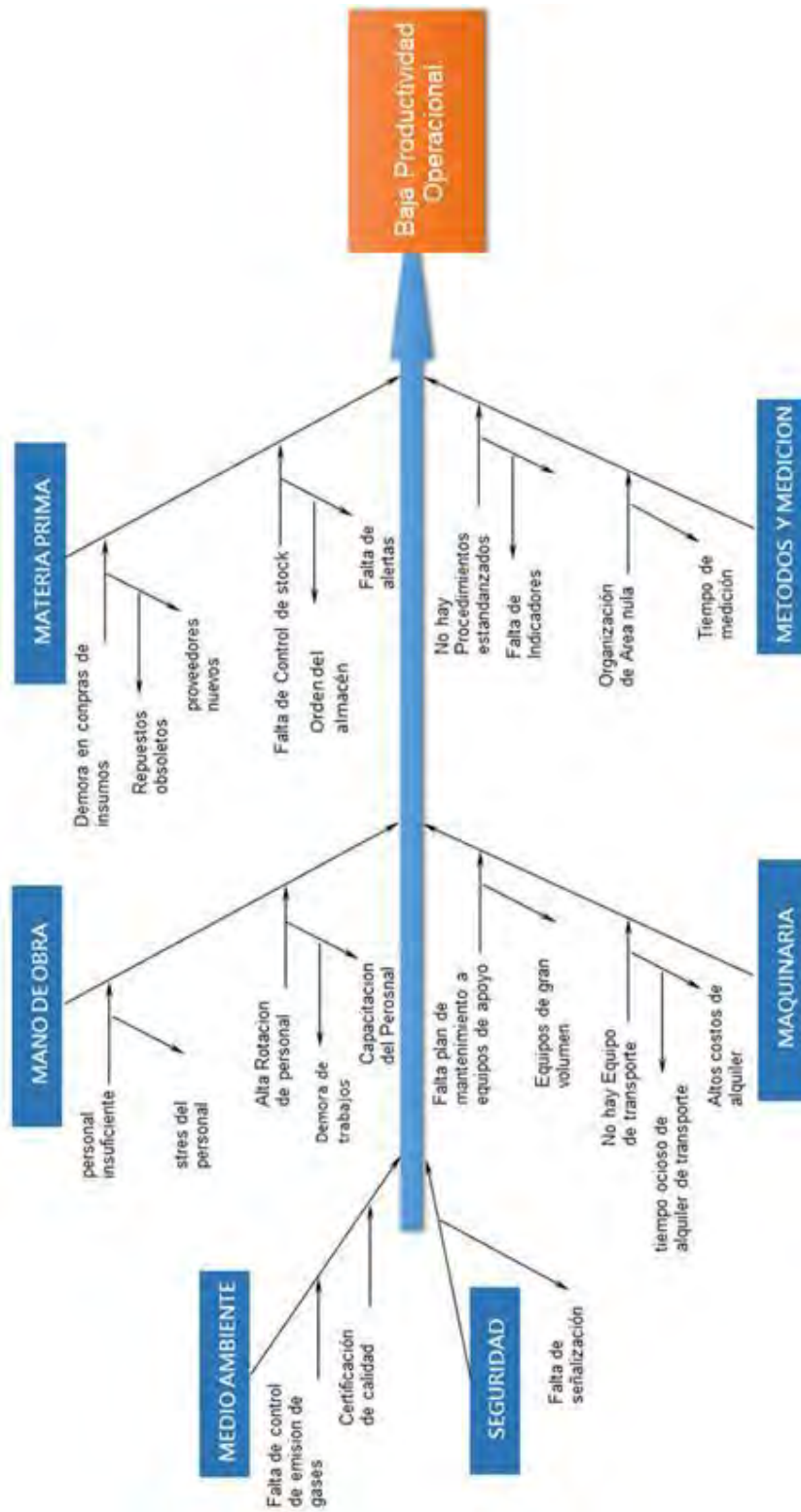


*Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.4 Determinación de la Causa Raíz

Para determinar qué factores afectan a la baja productividad es necesario realizar un diagrama donde visualicemos todos los factores que se encuentran involucrados

Ilustración 17: Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5 Matriz de FACTIS

Método para conocer los principales problemas que afectan la productividad, dándole ponderación a cada uno de los factores según se considere. A continuación, se detalla los criterios con sus respectivas ponderaciones que se tomarán en cuenta en las tablas posteriores.

*Tabla 6: Criterios de selección FACTIS*

	CRITERIOS DE SELECCIÓN
<b>F</b>	Fácil de solucionarlo 1: Muy difícil 3: Difícil 5: Fácil
<b>A</b>	Afecta todas las áreas 1: Poco 3: Algo 5: Mucho
<b>C</b>	Mejora la calidad 1: Poco 3: Medio 5: Fácil
<b>T</b>	Tiempo que implica solucionarlo 1: L. Plazo 3: M. Plazo 5: C. Plazo
<b>I</b>	Requiere inversión 1: Alta 3: Media 5: Poca
<b>S</b>	Mejora la seguridad industrial 1: Poco 3: Medio 5: Mucho

*Fuente: Curso UARM, Proyectos de aplicación<sup>21</sup>*

Según la tabla 1, se toma la ponderación de cada factor de la empresa, para ser utilizado en el estudio. A continuación, se detalla la ponderación:

*Tabla 7: Ponderación de criterios*

	PONDERACION
<b>F</b>	5
<b>A</b>	3
<b>C</b>	2
<b>T</b>	3
<b>I</b>	4
<b>S</b>	4

*Fuente: Empresa Humboldt Perú.*

<sup>21</sup> Sesión 04 Herramientas de diagnóstico situacional, Proyectos, Ingeniería industrial (María, Labán 2017)

Estas causas que afectan a la baja productividad son extraídas a partir del diagrama de causa-raíz, a continuación, se realizara el diagrama de matriz factis para conocer cuáles son las causas de mayor influencia.

*Tabla 8: Desarrollo de matriz FACTIS*

OPCIONES	F	A	C	T	I	S
<b>METODOLOGIA DE TRABAJO</b>						
Falta de organización de área	3	3	4	3	4	4
Falta de procedimiento estándar	3	4	3	2	3	4
Falta de indicadores	2	2	3	3	4	4
<b>MAQUINARIA</b>						
Falta de equipo de transporte	1	4	2	2	1	2
Plan de mantenimiento	3	3	4	4	4	4
Equipos de gran volumen	1	4	1	2	1	1
<b>PERSONAL</b>						
Falta capacitar al personal	4	2	4	3	3	4
Alta rotación	2	2	3	5	3	2
<b>MATERIALES</b>						
Demora en compras	4	2	2	3	2	1
Control de stock	3	3	1	2	3	1
Orden del almacén	3	5	2	2	4	3
Repuestos obsoletos	4	5	3	1	5	1
<b>MEDIO AMBIENTE</b>						
Control de emisión de gases	2	4	4	3	3	2
Certificación de calidad	3	4	4	1	2	2
<b>SEGURIDAD</b>						
Falta de señalización	4	2	4	4	4	5

*Fuente: Elaboración propia.*

Para realizar la matriz se consideró los ponderados de la tabla 9 y 10.

Tabla 9: Cálculos de Matriz FACTIS

OPCIONES	F	A	C	T	I	S	TOTAL
<b>METODOLOGIA DE TRABAJO</b>							
Falta de organización de área	15	9	8	9	16	16	73
Falta de procedimiento estándar	15	12	6	6	12	16	67
Falta de indicadores	10	6	6	9	16	16	63
<b>MAQUINARIA</b>							
Falta de equipo de transporte	5	12	4	6	4	8	39
Plan de mantenimiento	15	9	8	12	16	16	76
Equipos de gran volumen	5	12	2	6	4	4	33
<b>PERSONAL</b>							
Falta capacitar al personal	20	6	8	9	12	16	71
Alta rotación	10	6	6	15	12	8	57
<b>MATERIALES</b>							
Demora en compras	20	6	4	9	8	4	51
Control de stock	15	9	2	6	12	4	48
Orden del almacén	15	15	4	6	16	12	68
Repuestos obsoletos	20	15	6	3	20	4	68
<b>MEDIO AMBIENTE</b>							
Control de emisión de gases	10	12	8	9	12	8	59
Certificación de calidad	15	12	8	3	8	8	54
<b>SEGURIDAD</b>							
Falta de señalización	20	6	8	12	16	20	82

Fuente: Elaboración propia.

Según la matriz de FACTIS se puede concluir que los principales problemas que afectan a la operación son la falta de organización en el área, plan de mantenimiento y la falta de señalización. Atacando estos problemas estaríamos mejorando la productividad de las operaciones.

#### 4.6 Aplicación de Los 5 porqués

Después de encontrar las actividades críticas de la empresa se procedió a realizarles el análisis de los 5 porqués para determinar la causa raíz de estos problemas:

- Falta de organización de área

¿Por qué falta de organización de área?: Porque no hay una secuencia que ordene de manera eficaz el movimiento de los equipos electrógenos.

¿Y por qué no hay una secuencia adecuada? Porque no se realizó desde un principio un estudio de movimientos en el área de trabajo para el mantenimiento de los equipos

¿Y por qué no se realizó desde un principio? Porque no se preveo tomar en cuenta la capacidad máxima instalada del taller de mantenimiento.

- Plan de mantenimiento

¿Por qué no hay un plan de mantenimiento?: Porque no hay un procedimiento estándar

¿Y por qué no hay ese procedimiento? Porque la persona encargada de realizarlo no ha tenido tiempo de hacerlo.

¿Y por qué no ha tenido tiempo para realizarlo? Porque se encontraba realizando otra tarea.

¿Y por qué se encontraba realizando otra tarea?: porque no es el planner de mantenimiento, que no hay.

¿Y por qué se no hay ese personal?: por falta de presupuesto.

- Falta de señalización

¿Por qué hay de señalización?: Porque no hay un interés en la seguridad industrial en el área.

¿Y por qué falta ese interés? Porque la empresa no encuentra la instalación adecuada con las paredes para colocar esas señalizaciones.



¿Y por qué no instalaciones adecuadas? Porque falta realizar una distribución de planta que contemple dichas señales

¿Y por qué no hay esa distribución de planta? Porque falta el estudio previo.



## **CAPÍTULO V: DETERMINACIÓN DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN**

### **5.1 Planteamiento de las propuestas de alternativas de solución**

Las alternativas de solución planteadas para incrementar la productividad operacional en Humboldt Perú son las siguientes:

#### **5.1.1 Redistribución de la Planta en un nuevo terreno**

Humboldt Perú busca trasladarse a Lurín ya que quiere ver si es factible poder aumentar su capacidad de instalación e incrementar la productividad operacional y mejor aun ampliando sus áreas para lo que es almacenamiento de los grupos electrógenos que estos momentos esta crítico.

#### **5.1.2 Redistribución de la Planta en el mismo lugar.**

Se redistribuiría la planta optimizando las áreas de trabajo, espacios destinados para cada área, recorridos tanto del personal, materias primas y productos finales, Para ello se utilizará el mismo espacio, número de trabajadores, máquinas y recursos. Logrando así incrementar la productividad.

### **5.2 Determinación y ponderación de criterios evaluación**

A continuación, se detallará los siguientes factores que se tomaran en cuenta para la selección de la alternativa correcta:

- **Inversión:** Es el factor económico que influye en todo el proyecto, siempre ha sido importante para ser tomado en cuenta al momento de determinar cuál de las alternativas es que mejor se acomode a la distribución de planta que se quiere realizar; ya que, esta inversión está muy relacionado con los factores tanto como maquinaria, tiempo de ser implementado, mano de obra, etc. Por ello siempre tendrá una ponderación un poco elevado y para el siguiente estudio se considerará un peso de 35%.
- **Tiempo de Implementación:** Este es un factor importante ya que se debe desarrollar todas las actividades planeadas, según los cronogramas establecidos al inicio de todo proyecto, siempre se busca que sea fácil de implementar y al mínimo tiempo posible; por ello en este caso se considerara un peso de 25%.
- **Productividad:** Este es el factor importante ya que de ello depende muchos otros factores como es la disminución de costos, recursos (mano de obra y materia prima) y el tiempo de reparación de cada grupo electrógeno; por ello en este caso se considerará un peso de 20%.
- **Flexibilidad:** Este factor nos ayudará para saber cuánto puede soportar el diseño ante un aumento de la demanda, así conocer la capacidad de la planta; por ello se considerará un peso de 20%.

### 5.3 Evaluación de las alternativas de solución

Para evaluar las alternativas planteadas se tienen que tener algunas consideraciones que se detallara a continuación,

- Para la inversión la ponderación será tomado en el rango de 1 a 5, siendo el nivel 5 el más barato y el nivel 1 como el más caro.
- Para el tiempo de implementación siendo el nivel 5 el mínimo tiempo que se demore en ser implementado y el nivel que se demore mucho en el tiempo de implementación.

- Para la productividad se considera que el nivel 5 es el más productivo y el nivel 1 el menos productivo.
- Para la flexibilidad se considera el nivel 5 como el más flexible y el nivel 1 como el menos flexible.

*Tabla 10: Evaluación de alternativas*

	PESO	ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2	
INVERSION	0.35	1	0.35	3	1.05
T. IMPLEMENTACION	0.25	2	0.50	3	0.75
PRODUCTIVIDAD	0.20	4	0.80	3	0.60
FLEXIBILIDAD	0.20	5	1.00	2	0.80
			2.65		2.80

*Fuente: Humboldt Perú.*

#### 5.4 Selección de la alternativa de solución

Según la tabla de evaluación de alternativas se escogería la alternativa 2 ya que nos genera el mayor ponderado y cumplirá con lo que requiere el proyecto.

## **CAPÍTULO VI: DESARROLLO Y PLANIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN**

### **6.1 Determinación de objetivos y metas**

El objetivo principal consiste en diseñar un ordenamiento de las áreas de trabajo y equipos que sea el más económico para el trabajo, al mismo tiempo que sea el más seguro y satisfactorio para los empleados. Según Tompkins (2006), estos son los principales objetivos:

- Integración conjunta de todos los factores que afecten a la distribución.

Es de integrar toda la cadena de suministro tanto las áreas administrativas (alta gerencia, recursos humanos, etc.), áreas de operaciones, áreas de soporte; estas áreas trabajan en conjunto con los proveedores y clientes.

- Movimiento de material según distancias mínimas.

Realizar los movimientos del material en un recorrido mínimo optimizando los espacios entre áreas (espacio entre áreas nulos).

- Utilización efectiva de todo el espacio.

Aprovechar el espacio al máximo sin afectar el resultado en el producto

- Satisfacción y seguridad de los trabajadores.

Los colaboradores trabajen en zonas seguras sin arriesgar su integridad física y mental.

- Flexibilidad de ordenación para facilitar cualquier reajuste.

En caso de se desea ampliar la capacidad exista un determinado margen de crecimiento

## **6.2 Determinación de las actividades a realizar**

- Levantamiento de información del área de trabajo y oficinas
- Diseños de planos preliminares
- Documentación de zonas de trabajo antes del proyecto
- Análisis y estudio de las diferentes propuestas para la distribución final
- Realización de los planos finales
- Solicitud de permisos de realización de obras en la municipalidad provincial del callao
- Desarrollo y contratación de personal calificado y equipos y maquinarias pesadas.
- Contratación de seguros y pólizas con aseguradora
- Remodelación y determinación de las áreas de acuerdo a anexos y planos
- Elaboración de servicios e infraestructura de seguridad en casos de emergencia en planta

### 6.3 Elaboración de Layout Propuesto

#### 6.3.1 Tablero Origen Destino.

Enumeración de áreas de operaciones y centros de transformación, así como áreas de control y verificación, para el posterior análisis de origen y destino de los grupos electrógenos en mantenimiento.

*Tabla 11: Áreas de operaciones*

	Áreas
A	Administrativos
B	Operaciones(oficina)
C	Electricidad
D	Pintado
E	Secado
F	Maestranza
G	Mecánica
H	Pozo
I	Almacén 1
J	Almacén 2
K	Garita
L	Ensamble
M	Lavaderos
N	Libre(almacén y pruebas)
O	SS.HH
P	Estacionamiento

*Fuente: Elaboración propia.*

En la siguiente tabla nos ayuda a determinar la cantidad de movimiento entre cada pareja de operaciones y áreas, de esta manera podemos registrar los movimientos de una operación (origen) a la otra (destino), el tipo empleado es por tipo de servicio

Tabla 12: Secuencia de transportes por servicio

SERVICIOS	SECUENCIA	UNID. TRANSPORTADA/ mes
PREVENTIVO	N-L-C-J-G-N	2
CORRECTIVO	N-L-C-H-G-I-M-F-L-N	5
OVERHAUL	N-L-C-D-E-2-G-I-M-F-L-N	1

Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla podemos encontrar Relación de traslados entre áreas y la cantidad total de parejas entre los 3 tipos de mantenimiento realizado por la empresa Humboldt Perú

Tabla 13: Total de relaciones entre los servicios

	N-L	L-C	C-J	C-D	G-I	F-L	L-N	J-G	G-L	C-H	H-G	I-M	M-F	D-E	E-J
PREVENTIVO	2	2	2				2	2	2						
CORRECTIVO	5	5			5	5	5			5	5	5			
OVERHAUL	1	1		1	1	1	1	1				1	1	1	1
	8	8	2	1	6	6	8	3	2	5	5	6	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 14: Diagrama de relaciones entre áreas

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	TOTAL
A																	0
B																	0
C				1				5		2							8
D					1												1
E										1							1
F												6					6
G									6			2					8
H								5									5
I													6				6
J								3									3
K																	0
L			8												8		16
M						1											1
N												8					8
O																	0
P																	0
TOTAL	0	0	8	1	1	1	8	5	6	3	0	16	6	8	0	0	63

Fuente: Elaboración propia.

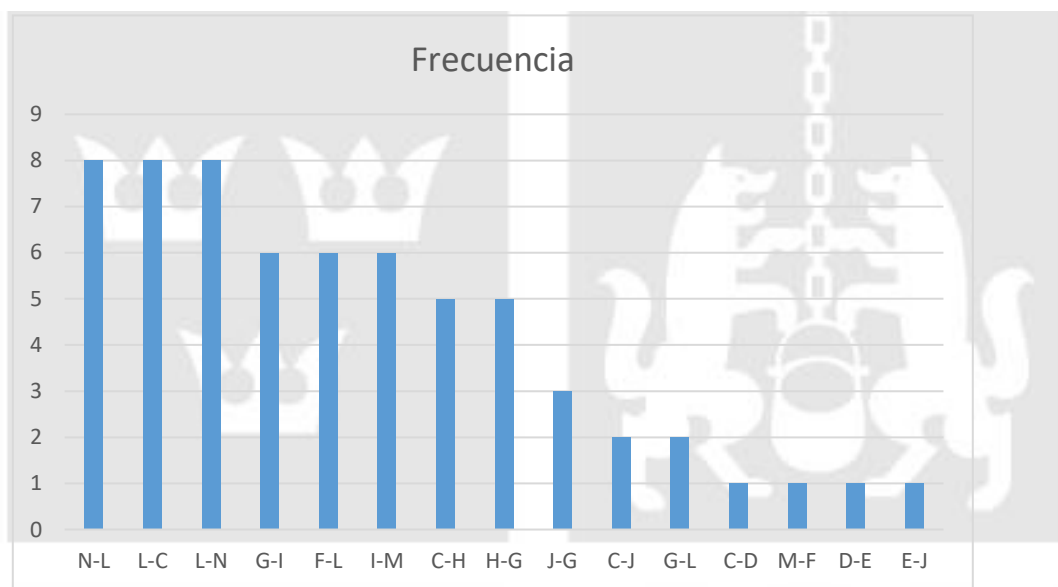
Tabla 15: Asignación de clase

PAR	Fr	%	Acum	CLASE
N-L	8	0.13	0.13	A
L-C	8	0.13	0.25	A
L-N	8	0.13	0.38	A
G-I	6	0.10	0.48	E
F-L	6	0.10	0.57	I
I-M	6	0.10	0.67	I
C-H	5	0.08	0.75	O
H-G	5	0.08	0.83	O
J-G	3	0.05	0.87	O
C-J	2	0.03	0.90	U
G-L	2	0.03	0.94	U
C-D	1	0.02	0.95	U
M-F	1	0.02	0.97	U
D-E	1	0.02	0.98	U
E-J	1	0.02	1.00	U

Fuente: Elaboración propia.

En esta esta tabla 15 realizamos la asignación de clase a las parejas de relaciones.

*Ilustración 18: grafico de Frecuencia*



*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 16: Asignación de Criterio de prioridades*

Letra	Prioridad
A	Absolutamente necesaria
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinaria o normal
U	Sin importancia
X	Indeseable
XX	Muy indeseable

*Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 17: Asignación de ponderación por razón

Número	Razón
1	Por control
2	Por higiene
3	Por proceso
4	Por conveniencia
5	Por seguridad

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18: Identificación de áreas por metro cuadrado





	Áreas	m <sup>2</sup>
A	Administrativos	37
B	Operaciones(oficina)	40
C	Electricidad	112
D	Pintado	17.5
E	Secado	28.5
F	Maestranza	50
G	Mecánica	113
H	Pozo	9.2
I	Almacén 1	60
J	Almacén 2	25
K	Garita	8.8
L	Ensamble	60
M	Lavaderos	13
N	Libre(almacén y pruebas)	345
O	SS.HH	40
P	Estacionamiento	41

Fuente: Elaboración propia.

A	Administrativos
B	Operaciones(oficina)
C	Electricidad
D	Pintado
E	Secado
F	Maestranza
G	Mecánica
H	Pozo
I	Almacén 1
J	Almacén 2
K	Garita
L	Ensamble
M	Lavaderos
N	Libre(almacén y tests)
O	SS.HH
P	Estacionamiento

*Fuente: Elaboración propia.*

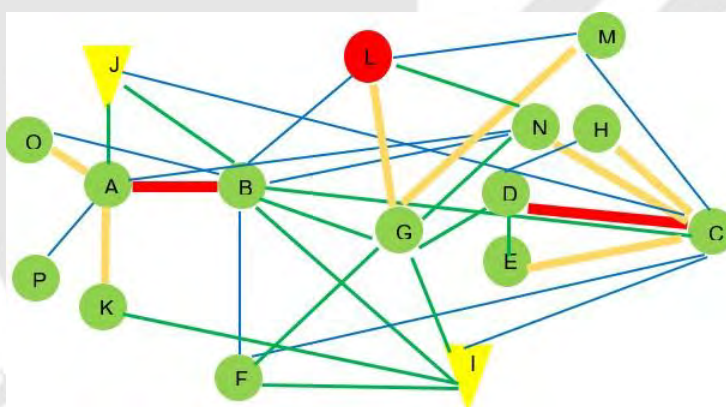
Ilustración 19: Simbología y color de diagrama relacional de actividades

Símbolo	Significado	Clasif.	Color	Símbolo Intensidad
	Operación, transformación, tratamiento	A	Rojo	////
	Ensamblaje, des ensamblaje, sub ensamblaje.	E	Anaranjado o amarillo	///
	Actividades relacionadas con el transporte, movimiento, traslado.	I	Verde	//
	Almacenamiento	O	Azul	/
		U	Incoloro	

Fuente: Ingeniería de planta, UARM<sup>22</sup>

En base al diagrama de relaciones(TRA), se desarrolla las relaciones de cercanía entre las áreas donde ubicaremos que áreas según las líneas de ponderación; el cual significa rojo que esas áreas deben estar juntas, el amarillo indica que deben estar medianamente cerca, el verde indica que no necesariamente deben estar cerca y el azul indica que no importante la cercanía.

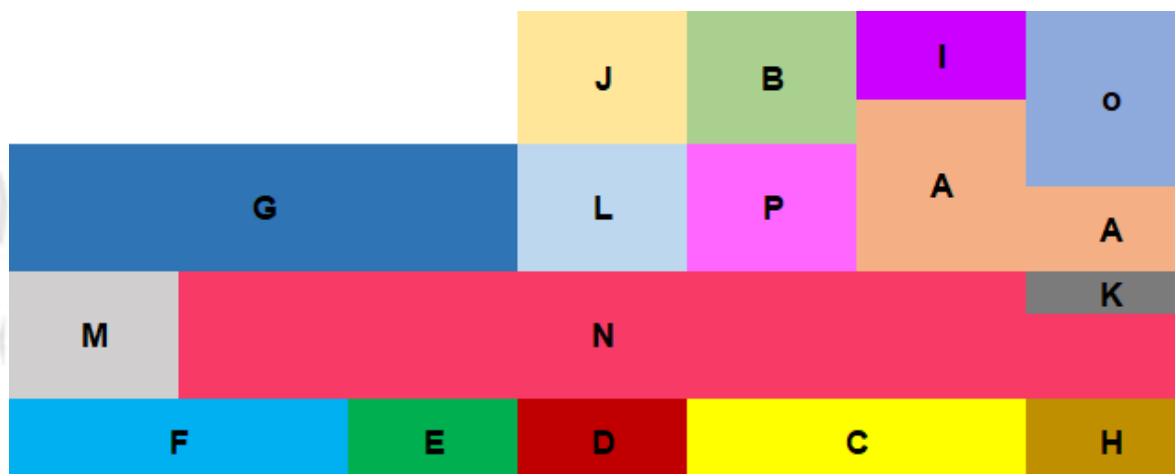
Ilustración 20: Diagrama de cercanía



Fuente: Elaboración propia.

<sup>22</sup> Clase 4, ingeniería de plantas (2017), Hernán Barriga, UARM

Ilustración 21: Diagrama relacional de espacios



Fuente: Elaboración propia.

#### 6.4 Determinación de la necesidad de Recursos (Mat, Eq., etc)

En este punto se desarrolla un listado de recursos, equipos, etc. Para realizar la redistribución de planta en el taller de mantenimiento de grupos electrógenos;

- Recursos humanos
- Maquinaria pesada para afirmamiento de suelos
- Implementos de seguridad
- Forklift (montacargas) para el traslado de materiales y equipos
- Diligencia para la expedición de documentos municipales

## 6.5 Asignación de recursos a las actividades

Cada actividad para poder ser realizado se requiere ciertos recursos.

*Tabla 20: asignación de recursos*

ACTIVIDAD	RECURSOS
Levantamiento de información del área de trabajo y oficinas	Personal que tome datos
Diseños de planos preliminares	Diseñador Programa AutoCAD
Documentación de zonas de trabajo antes del proyecto	Personal de documentación
Análisis y estudio de las diferentes propuestas para la distribución final	Analista de distribución
Realización de los planos finales	Programa AutoCAD Diseñador
Solicitud de permisos de realización de obras en la municipalidad provincial del callao	Administrativos Ingeniero Civil
Desarrollo y contratación de personal calificado y equipos y maquinarias pesadas	Personal Capacitado en G.E
Contratación de seguros y pólizas con aseguradora	Administrativos
Realización de instalaciones subterráneas e instalaciones hidrosanitarias	Contratistas Ayudante
Remodelación y determinación de las áreas de acuerdo a anexos y planos	Ingeniero Civil Ayudante Archivos
Elaboración de servicios e infraestructura de seguridad en casos de emergencia en planta	Ingeniero Civil

*Fuente: Elaboración propia.*

## **6.6 Elaboración del presupuesto**

El presupuesto que se presenta se ha realizado para mostrar la inversión que tendría que realizar la empresa para el proyecto. La inversión consta de la contratación de un ingeniero civil, que sería el encargado de realizar este proyecto. La inversión corresponde únicamente al contrato de dicho ingeniero, debido a que tanto la herramientas para la distribución en planta, la inversión es nula ya que para las nuevas distribuciones se aprovechan los recursos de la situación actual, es decir, la nueva propuesta tienen la ventaja de poder adaptarse tanto a los elementos de almacenaje como a la maquinaria empleada en la distribución actual.

Por otra parte, el coste de la Seguridad Social, se obtiene aplicando los siguientes porcentajes al salario mensual:

El coste del seguro de accidentes está representado en el contrato de póliza con la entidad aseguradora, en el que la prima oscila sobre 2,00 – 2,5% de la cantidad asegurada.

Para concluir con este capítulo, y haciendo referencia al documento correspondiente del Presupuesto, el coste total que debe asumir la entidad es 35,400 soles. Finalmente, tanto la propuesta de redistribución del almacén como la propuesta de distribución en taller permiten la utilización de los recursos empleados en la distribución o situación actual, es decir, permite el uso de las estanterías y la maquinaria actual.

## **6.7 Cronograma de la implementación**

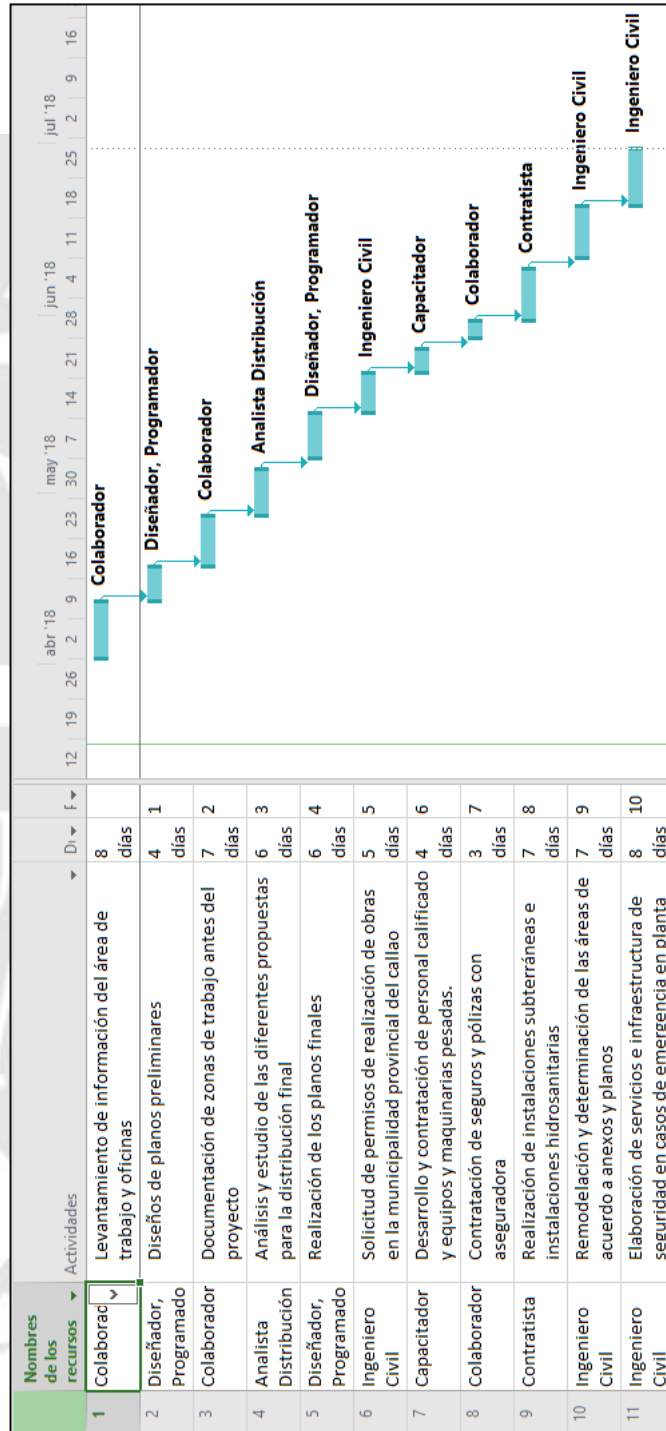
Con la ayuda del gráfico de Gantt identificaremos las actividades en que se utilizara cada uno de los recursos y la duración de dichas actividades, de tal modo que puedan evitarse periodos ociosos innecesarios, además transmite al administrador una visión completa de la utilización de los recursos que se encuentran bajo su supervisión. En este proyecto se dispone de 06 recursos y de un total de 11 actividades.



- En el eje Horizontal se hace referencia a una escala de tiempo definido en términos de la unidad más adecuada al trabajo que se va a ejecutar, en nuestro caso el tiempo se muestra en días y semanas.
- Por otra parte, el eje Vertical representa las actividades que constituyen el trabajo a ejecutar. A cada actividad se hace corresponder una línea horizontal cuya longitud es proporcional a su duración con relación a la escala definida en el eje horizontal.

Posteriormente se muestra una tabla donde se puede observar las actividades principales, su correspondiente duración y la relación entre las actividades. observando que el proyecto se realiza en un total de 03 meses, es decir, 13 semanas, suponiendo que cada semana el ingeniero trabaja a jornada completa (40 horas semanales), es decir, ocho horas al día durante 75 días de la semana.

Tabla 21: Diagrama de Gantt



Fuente: Elaboración propia.

## CAPITULO VII: EVALUACIÓN DE LA SOLUCIÓN

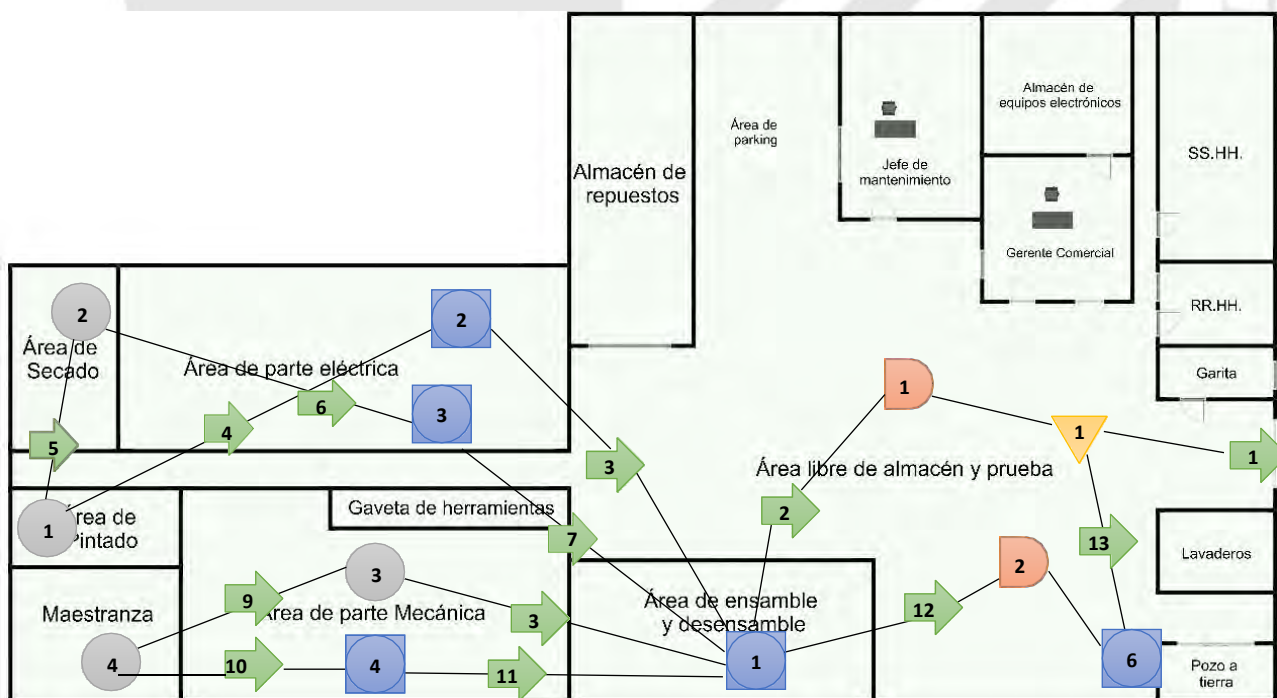
### 7.1 Determinación de escenarios que afectarían la solución

Se detallarán todos los posibles escenarios que afectarían a nuestra solución

#### 7.1.1 Lay-out Actual

Es diagrama muestra el movimiento de un grupo electrógeno al que se le realiza un mantenimiento overhaul, en el taller Humboldt Perú, ubicado en la provincia constitucional del callao.

*Ilustración 22: Diagrama de Recorrido de un GE.*




*Fuente: Elaboración propia<sup>23</sup>.*

<sup>23</sup> En el diagrama se muestra el transporte 03 duplicada porque esa actividad se realiza en el mismo momento.

En este tablero resumimos las actividades que actualmente se llevan a cabo con la distribución actual, haciendo un total de 27 actividades, para luego poder contrastarla con las actividades de la distribución final.

*Tabla 22: Resumen de operaciones*

Actual	
Operación. 	4
Transporte. 	13
Demora. 	2
Inspección. 	6
Almacén. 	2
<b>Total</b>	<b>27</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 23: DAP de mantenimiento overhaul Actual

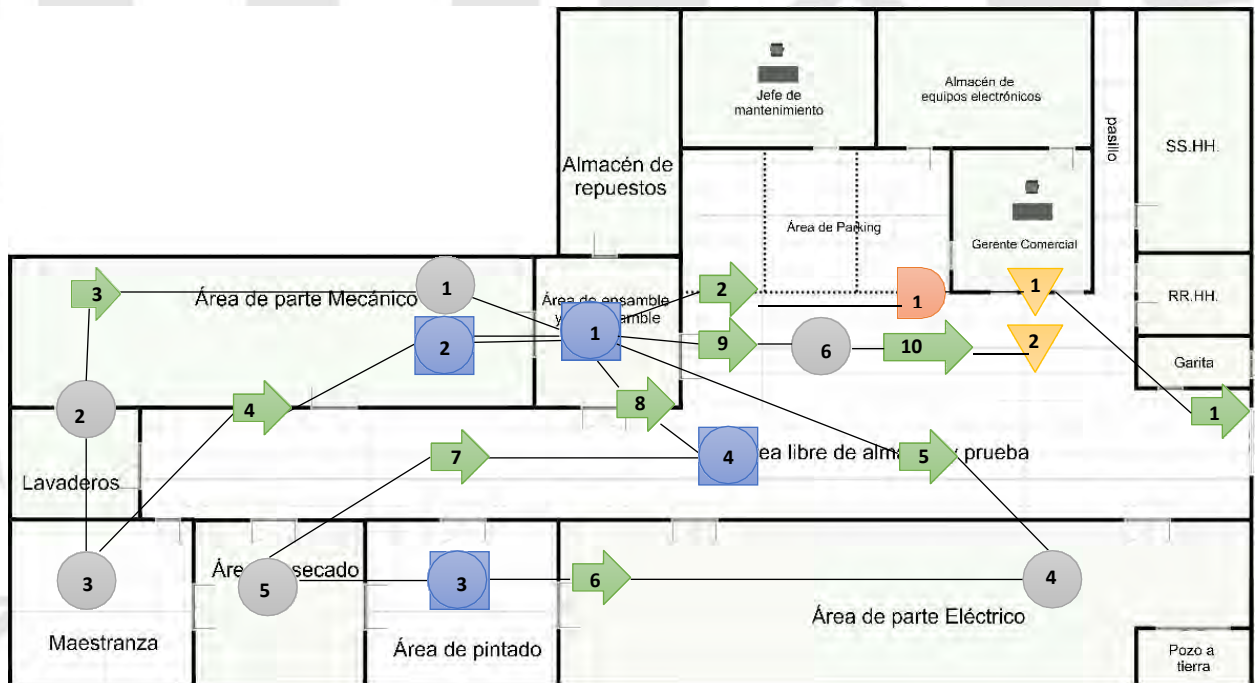
Proceso: Atención de las Garitas		Resumen					
			Actual	T (min)	D (m)	Tiempo	medida
		Operac.	4	4980		277.6	hora
		Transpor	13	1945	174	34.70	día
		Demora	2	240			
		Inspección	6	9460			
		Almacén	2	30			
#	Descripción de Actividad	Símbolo			Tiempo	Distancia	Observaciones
1	Llega transportista a la garita de entrada	○	→	□	480	15	
2	Almacenamiento de GE en zona libre	○	→	□	10		Llena registro con todo el detalle del estado del equipo.
3	Espera de ODT y disponibilidad de transporte	○	→	□	120		
4	Transporte a zona de ensamble y desensamble	○	→	□	120	9	
5	Desensamble de GE	○	→	□	700		
6	Transporte a zona de parte Eléctrica	○	→	□	15	20	
7	Inspección y mantenimiento	○	→	□	5280		Anotar todas las novedades encontradas
8	Transporte a área de pintado	○	→	□	10	12	
9	Pintado de GE	○	→	□	180		
10	Transporte a zona de secado	○	→	□	10	8	
11	Secado en Horno Eléctrico	○	→	□	1440		
12	Transporte a rea de mantenimiento eléctrico	○	→	□	10	9	
13	Inspección final parte eléctrica	○	→	□	960		en caso de repuestos faltantes poner observación
14	Transporte a zona de ensamble y desensamble	○	→	□	20	20	
15	Transporte de desensamble a parte de taller mecánica	○	→	□	20	12	
16	Inspección y reparación de parte mecánica	○	→	□	4800		Anotar todas las novedades encontradas
17	Transporte a zona de maestranza	○	→	□	180	9	
18	rectificado de parte mecánica si requiriese	○	→	□	180		
19	Transporte a área de mantenimiento mecánico	○	→	□	180	12	
20	Inspección final de parte mecánica	○	→	□	120		en caso de repuestos faltantes poner observación
21	Transporte a zona de ensamble y desensamble	○	→	□	180	15	
22	Ensamble de GE	○	→	□	2400		Full in - Ingresar contenedor cargado para almacenaje.
23	Transporte a zona de pruebas	○	→	□	480	16	
24	Espera de habilitación de equipo de megado	○	→	□	120		
25	Megado de GE en zona de pruebas	○	→	□	960		Debe anotar todas las novedades encontradas.
26	Transporte a área de almacenamiento	○	→	□	240	17	Debe anotar todas las novedades encontradas.
27	Almacenamiento de GE en zona libre	○	→	□	20		En caso de faltantes también debe poner observaciones.

Fuente: Elaboración propia.

Este DAP (diagrama de actividades de procesos) nos muestra la trayectoria del procedimiento del mantenimiento de overol de un generador eléctrico señalando todos los movimientos del equipo y la manipulación por parte de los trabajadores, así como los tiempos y distancias, resumiéndose en 34.7 días para el término del proceso de mantenimiento de overhaul.

### 7.1.2 Lay-out Implementado:

Ilustración 23: Diagrama de Recorrido de un GE.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24: Resumen de actividades de Layout implementado

Actual	
Operación.	6
Transporte.	10
Demora.	1
Inspección.	5
Almacén.	2
Total	24

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25: DAP de mantenimiento overhaul implementado

Proceso: Atención de las Garitas		Resumen					
		Actual		T (min)	D (m)	Tiempo	medida
		Operac.	6	8260		240.8	hora
		Transporte	10	1495	139	30.09	día
		Demora	1	120			
#	Descripción de Actividad	Símbolo	Tiempo	Distancia	Observaciones		
1	Llega transportista a la garita de entrada	○ → □ ▽	480	15			
2	Almacenamiento de GE en zona libre	○ → □ ▽	10		Llena registro con todo el detalle del estado del equipo.		
3	Espera de ODT y disponibilidad de transporte	○ → □ ▽	120				
4	Transporte a zona de ensamble y desensamble	○ → □ ▽	120	9			
5	Desensamble de GE	○ → □ ▽	700				
6	Transporte a zona de parte Eléctrica	○ → □ ▽	15	20			
7	Inspección y mantenimiento	○ → □ ▽	5280		Anotar todas las novedades encontradas		
8	Transporte a área de pintado	○ → □ ▽	10	12			
9	Pintado de GE	○ → □ ▽	180				
10	Secado en Horno Eléctrico	○ → □ ▽	1440				
11	Transporte área de mantenimiento eléctrico	○ → □ ▽	10	9			
12	Inspección final parte eléctrica	○ → □ ▽	880		en caso de repuestos faltantes poner observación		
13	Transporte a zona de ensamble y desensamble	○ → □ ▽	20	20			
14	Inspección y reparación de parte mecánica	○ → □ ▽	6720		Anotar todas las novedades encontradas		
15	Transporte a zona de lavaderos	○ → □ ▽	180	9			
16	Lavado de equipo mecanico	○ → □ ▽	480				
17	rectificado de parte mecánica si requiriese	○ → □ ▽	180				
18	Transporte a área de mantenimiento mecánico	○ → □ ▽	180	12			
19	Inspección final de parte mecánica	○ → □ ▽	1440		en caso de repuestos faltantes poner observación		
20	Ensamble de GE	○ → □ ▽	2400		Full in - Ingresar contenedor cargado para almacenaje.		
21	Transporte a zona de pruebas	○ → □ ▽	240	16			
22	Megado de GE en zona de pruebas	○ → □ ▽	880		Debe anotar todas las novedades encontradas.		
23	Transporte a área de almacenamiento	○ → □ ▽	240	17	Debe anotar todas las novedades encontradas.		
24	Almacenamiento de GE en zona libre	○ → □ ▽	20		En caso de faltantes también debe poner observaciones.		

Fuente: Elaboración propia.



Este DAP (diagrama de actividades de procesos) del lay out implementado nos muestra la trayectoria del procedimiento del mantenimiento de overol de un generador eléctrico anteriormente mencionado, así como los tiempos y distancias, resumiéndose en 30.09 días para el término del proceso de mantenimiento de overhaul, teniéndose así una mejora del 12 % en términos productividad por equipo reparado con respecto a 34.7 días del lay-out actual.

## 7.2 Evaluación Beneficio - Costo de la solución

Tabla 26: evaluación del costo beneficio

<b>COSTO -BENEFICIO ECONOMICO</b>	3.83
<b>COSTO-BENEFICIO FINANCIERO</b>	3.14

Fuente: Elaboración propia.

## 7.3 Costos de la Implementación

A continuación, se detallará todos los costos en los que se incurre para la implementación del proyecto desde el inicio hasta el final, identificándolos según tipos de pagos pueden ser mensuales o pagos únicos.

Tabla 27: Costo de inversión

INVERSIONES	TIPO DE PAGO	COSTO
Ing. Civil	mensual	5000
Personal de apoyo	mensual	1800
Herramientas Kit	único	10000
Señalizaciones	único	2000
Transportes Especiales	único	5000
Instalaciones	único	6000
Seguros	mensual	600
otros	único	5000

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 28: Flujo de caja económico y financiero

	FLUJO DE CAJA						
	MES 0	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Ingresos		123000	87000	138000	123000	123000	108000
Egreso	-35400	-103900	-76400	-108500	-96500	-96500	-84500
Ing. Civil	5000	5000	5000				
Personal de apoyo	1800	1800	1800				
Herramientas Kit	10000						
Señalizaciones	2000						
Transportes Especiales	5000						
Instalaciones	6000						
Seguros	600	600	600				
otros	5000						
FLUJO ECONOMICO	-35400	19100	10600	29500	26500	26500	23500
IMPUESTO 18%		3438	1908	5310	4770	4770	4230
FLUJO FINANCIERO	-35400	15662	8692	24190	21730	21730	19270

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29: Cálculos de VAN y TIR de ambos flujos

**VAN ECONOMICO**

S/30,207.58

**TIR ECONOMICO**

52%

**VAN FINANCIERO**

S/19,460.22

**TIR FINANCIERO**

42%

Fuente: Elaboración propia.

#### 7.4 Análisis y Evaluación del impacto de Seguridad de la solución

Ya que nuestra solución va a implementar las señalizaciones en el área, se estaría disminuyendo los accidentes de trabajo.

El impacto ambiental se verá reflejada al tener un nuevo proceso de lavado de equipos, evitando contaminación al momento de realizar mantenimientos y evaluaciones a los equipos.

## CONCLUSIONES

A continuación, se detallan las principales conclusiones respecto al proyecto y a la distribución de planta.

### **Respecto al Proyecto**

- **Primera conclusión**

La alternativa propuesta logra incrementar la productividad de la empresa de un 12%, permitiendo así aumentar sus ingresos, por ventas de servicios respecto a su situación actual

- **Segunda conclusión**

Se diseñó un Lay-out adecuado que cumple con las condiciones necesarias para realizar los diferentes procesos de mantenimiento sin variar la calidad del servicio en la planta Humboldt Perú.

- **Tercera conclusión**

La evaluación económica muestra un VAN económico de S/. 30,207.58 y un TIR económico del 52%, así como un VAN financiero de S/. 19,460.22 y un TIR financiero del 42%.

### **Respecto a la distribución de Planta**

- **Primera conclusión**

El diseño de distribución de planta es la mejor opción para la empresa debido a la saturación de sus espacios físicos actuales y a la infraestructura, que solo fue acondicionada para un limitado número de generadores eléctricos

- **Segunda conclusión**

Lograr reducir los recorridos innecesarios, esperas por dificultad en el transporte y almacenamiento, reprocesos y otros, se logra reducir los tiempos muertos y en consecuencia alcanzar una utilización esperada mayor a la actual.

- **Tercera conclusión**

Se reduce al mínimo la fatiga del operador originada por la carga y descarga por el transporte de materiales, ya que la propuesta planteada incluye el uso de un montacargas

- **Cuarta conclusión**

Contar con una adecuada señalización, pasillos bien definidos, reducción de peligros por aplastamiento en este proyecto logran fortalecer la seguridad en la empresa.

## RECOMENDACIONES

Se detallan las principales recomendaciones respecto al proyecto y a la distribución de planta.

### **Respecto al Proyecto**

- **Primera conclusión**

Antes de comenzar las operaciones en la nueva fábrica, debe capacitarse al personal antiguo y nuevo respecto a los motivos del traslado, cambios a realizar y beneficios.

- **Segunda conclusión**

Elaborar un plan de capacitación anual que busque tener operadores poli-funcionales.

### **Respecto a la distribución de planta**

- **Primera conclusión**

Se recomienda realizar charlas de concientización al personal en lo que respecta a la metodología de la distribución planteada para que esta pueda mantenerse en el tiempo.

- **Segunda conclusión**

Concientizar a todo el personal sobre las reglas de seguridad por contar con equipos de carga pesada y la importancia de la gestión de residuos sólidos a favor de la reducción del impacto ambiental.

- **Tercera conclusión**

Medir y controlar a través de un indicador la utilización de los puestos de trabajo con la nueva utilización

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ORMACHEA, F. (2012). 37° Curso de Especialización en Producción y Operaciones: Gestión y Control de la calidad. Perú: Facultad de Ciencias e Ingeniería
- Muther, R. (1981). Distribución en planta. España: Hispano Europea.
- Rojas Rodríguez, C. (1996). Diseño y Control de la Producción. Trujillo: Libertad E.I.R.L.
- TOMPKINS, James y WHITE, John, et al. Planeación de instalaciones. 3 ed. Thomson
- García, C. A., & Serrano, B. A. (2013). Manual de dirección de operaciones: direcciones estratégicas. Cantabria, España: Santander.
- Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado, María del Pilar Baptista Lucio- Metodología de la investigación- (2010)
- Álvarez, J. A. (2009). REDISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA DE LAS INSTALACIONES DE UNA EMPRESA QUE COMERCIALIZA EQUIPOS DE BOMBEO PARA AGUA DE PROCESOS Y RESIDUALES. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú
- Barón, M. D., & Zapata, Á. L. (2012). PROPUESTA DE REDISTRIBUCION DE PLANTA EN UNA EMPRESA DEL SECTOR TEXTIL. Santiago de Cali, Colombia: Universidad ICESI.
- García, C. A., & Serrano, B. A. (2013). Manual de dirección de operaciones: direcciones estratégicas. Cantabria, España: Santander.

## REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

INEI. Producción Nacional enero 2013. (2013). Lima. Consulta: 05/05/2013

<http://www.pcm.gob.pe/wp-content/uploads/2013/03/01-Produccion-NacionalEne-2013.pdf>.

<http://www.ventageneradores.net/blog/tipos-de-grupos-electrogenos/> Anaya Tejero, J. J.  
(2007). Logística Integral "La gestión Operativa de la Empresa". España: ESIC Editorial.  
Obtenido de

[https://books.google.com.pe/books?id=a4Tq\\_7Pmc04C&pg=PA87&lpg=PA87&dq=la+productividad+es+igual+al+output+sobre+los+recursos+obtenidos&source=bl&ots=VhQvr\\_WQz9&sig=sahbVxCG4X5ByKlxftgOAwWYks&hl=es&sa=X&ei=M2pjVfG7AYXYggSolYGIAQ&ved=0CBsQ6AEwAA#v=onepage&](https://books.google.com.pe/books?id=a4Tq_7Pmc04C&pg=PA87&lpg=PA87&dq=la+productividad+es+igual+al+output+sobre+los+recursos+obtenidos&source=bl&ots=VhQvr_WQz9&sig=sahbVxCG4X5ByKlxftgOAwWYks&hl=es&sa=X&ei=M2pjVfG7AYXYggSolYGIAQ&ved=0CBsQ6AEwAA#v=onepage&)

Arce Fandiño, I., Camacho Rodríguez, M., & Solano Garía, B. (10 de junio de 2010). Blogger:  
Mi Blog. Obtenido de Diseño de Planta Industriales:  
<http://blogplantasindustriales.blogspot.com/2012/06/disenio-de-plantasindustriales-disenio.html>

Ravo, D., & Sanchez, C. (2011). Distribución en Planta: "Introducción al diseño de plantas industriales, conceptos y métodos cuantitativos para la toma de decisiones". Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de  
<https://es.scribd.com/doc/81375345/Distribucion-en-Planta-Libro-RC>

Asp Vanaclocha, A. (2008). Diseño de Industrias Agroalimentarias. Mundi Prensa. Obtenido de  
<http://site.ebrary.com/lib/bibsipansp/reader.action?docID=10238987>

IngenieriaRural.com. (15 de septiembre de 2014). Proyectos: Distribución de Planta.  
Obtenido de Escuela de Ingenieros Agrónomos:  
[http://www.uclm.es/area/ing\\_rural/ProyectosGrado.htm](http://www.uclm.es/area/ing_rural/ProyectosGrado.htm)

Generador eléctrico [https://es.wikipedia.org/wiki/Generador\\_el%C3%A9ctrico](https://es.wikipedia.org/wiki/Generador_el%C3%A9ctrico)

Palominos, Pedro. "Slideshare". [En línea]. Primer semestre 2006, [11 de mayo de 2012].

Disponible en la web: <http://www.slideshare.net/fcubillosa/distribucin-enplanta>.

